序

10年以来,钱学森教授坚持不渝地提倡建立地球表层学、地理科学,为祖国中长期建设规划服务。他号召有关科学工作者理直气壮地为此而努力经营,语重心长,期望殷切。学术界中有许多人响应钱老的号召,辛勤探索,发表了不少文章。为便于读者参考,特编辑此书,以期有助在此方面耕耘的同志互相启发,触类旁通。编者要我写一序言,我对钱老的倡仪体会不深,工作很少,搜索枯肠亦只有一点一滴的管窥之见,固辞不获,不得不为引玉而抛砖。

钱老除在他自己的专业中研几深邃,建树甚多以外,还曾参与一些跨专业的科学的缔造,主持或共同主持解决许多重大的建设问题,故能独具创见,认为有为制订中长期建设规划工作缔造一门综合性科学的需要。他就此所发表的议论,言简意赅,却是很丰富的理论和实践的结晶。

我阅历有限,又是科学哲学与系统科学的白丁,对钱老概括的说明,闻一而知一尚有困

难，而构筑以巨系统为对象的综合科学所需要的却是举一反三、闻一以知十的才知。个人阅历可遇而难以强求，学科修养不足，却可以经过努力而弥补，我将为此策马加鞭。建立新的科学，拿来主义(向其他科学拿来)是必要的途径。

地理科学不等于地理学，而是在若干科学的基础上的改造、重组和发展。没有有关科学以主人翁态度，通力协作，必至事倍功半，甚至碌碌鲜成。我从事地理学学习和工作 60 年，对此颇有体会。我受到大革命时期的社会影响，抱着“科学救国”、“考察祖国山河，不能让外人越俎代庖”、“科学为寻求真理”等观念，进入中山大学地理学系。由 1930 到 1942 年，学习、讲授、研究地理，夜以继日，乐此不疲，却又对大多数地理著述肤浅浮泛，深感不满。大学 4 年，我对野外考察特别积极，此固与两位德籍教授的影响有关，亦与“中国人应当研究自己的山河”的初衷有关。野外实习我无役不齐，星期假日也很少不随带仪器，跋涉于高山流水之间。至准备大学毕业论文的时候，我才瞻前顾后，有茫然之感。我的研究地区为惠州，由此导师 W. Panzer 教授特别强调地理学的综合性，原拟以惠州地理为题，事实上却因种种困难不得不改为惠州地貌，这在我思想上产生了一系列问题：(1)我读过翁文灏教授寄来的一些讲义和文章。他只根据所搜集的资料完成了中国燕山运动、边疆地理、土地资源、华北沉积的数量研究等创造性工作。由是我认识到这也是重要的工作方法所起的作用。但在惠州，当时完全没有气象、水文观测记录与人口及其他统计资料，此一方法便毫无用武之地(1936 年翁介绍我去向 L. Buck 请教，才知道农家经济选样调查是可行方法之一)。(2)从一些小气候著作，

了解到有一些很重要的现象，不通过实验观测，便无由而知。在惠州，我只能一个人工作一个月，而做此类工作，至少要两人，没有不同季节、不同年份的数据也不能说明问题（在1935年以后涉猎较广，尤其是1953年在参加黄河中游水土保持考察中，更深切认识到有许多关键，没有室内或野外实验就无法解决问题）。(3)在惠州当时条件下，唯一可行的工作方法就是考察。只靠这一方法不可能进行综合研究或自然的综合研究，地貌是唯一可能的选择。(4)题目确定以后，野外工作有一半是调查地貌的地质基础，地貌的说明与推论带有许多不肯定性。若衡以“科学救国”的初衷，则较有用的还是地质调查那一部分。因此我的专业思想有些动摇，曾打算去两广地质调查所工作。1934年以来地理学经过近60年的发展，大多数分支已有显著的提高，综合性研究自1980年前后开始亦出现较旺盛的生机，与30年代相比迥乎有别，但仍存在不少弱点。为了适应拟订中长期建设规划的要求，理论、方法都尚须大大改进。尤其重要的是，虽然地理学迄无公认的定义，地理学界的工作却在大体上有一个界线不大清楚的领域。其中一部分如穿山峡的成因、山顶夷平面的年代，等等，都不是中长期建设规划所必需的知识。有用的部分也远远不能涵盖地理科学的全部内容。1942至1953年，我先后在原资源委员会与原华东财经委员会参加建设计划和规划工作，最初连国民收入、消费与积累、固定资产、折旧率、在一个厂内、城市内发电用电设备的平衡、机床种类等都不知道。当时计划与规划工作要求比较低，影子价格、扩大成本—收益分析、成本—效益分析、机会成本、成本分配等都未曾涉及。但前后10年，我经常要向其他专业

学习,否则就不能完成任务。今后长期建设规划不能不顾及技术发展趋势、工效提高进度、社会主义市场经济体制演变等一系列地理学界所不熟悉的问题。1958 年我去香港时,那里人口还不到 100 万,70 年代再去已成为世界第三金融中心。我曾为此看了一些著作,对其形成过程仍然若明若暗,更不用说预见性了。地理学要对地理科学的建立有所贡献,不能不与其他科学协同是无可置疑的。

钱老指出,为了建立地理科学,要选好几个实际研究课题。他曾提过三峡库区。三峡水利枢纽工程规划经过多年论证,已由全国人大常委会审议通过,工程进度以及库区尚须研究的问题,亦眉目粗具。由此入手,探索地理科学工作如何可以有助于解决中长期建设实际问题,如组织得宜,当能借千军万马之力,顺水推舟,克敌致果。我追随钱老的倡议,曾提出全球增温问题。自国际科联 IGBP1984 年决定综合研究物理的、化学的、生物的过程的方向以后,即广泛组织有关力量,投入巨额资金,罗致人才,在统一计划下,协调工作,分途并进。5 年以前,美国大学大气研究协作会的跨学科地学研究办公室,即根据上述工作,发起建立地球系统科学,其内容偏重自然界的研究,在大体上与 A. Humboldt 地文学相当。一年多以前,NPCC 的研究报告包括了全球增温的影响与对策,社会经济方面与自然方面兼收并蓄,与钱老倡议异曲同工。所不同者,钱老独具慧眼,烛事机先,而在国际上则是数千名科学家针对一个科学问题,协作研究自然而然地得到的认识。

我行年八十,来日无多,即使天假以年,亦精力日减,建设地理科学大厦,自己顶多也只能勉添一砖一瓦,深盼年事比我

轻的有关科学工作者和衷共济，经之营之，俾齐云落星能在我灰飞烟灭以前，早日观成，有助于祖国建设。我相信我的希望是可以实现的。

黄秉维

1993.1.20

目　录

序 ………………………………………………… 黄秉维

中国地理学会第三次全国代表大会

　及 1963 年综合性学术年会开幕词………… 竺可桢 1

中国科学院地理研究工作的方向 …………… 竺可桢 6

环境管理是国家的一个重要功能…………… 钱学森 14

地球表层的系统与进化……………………… 浦汉昕 16

保护环境的工程技术——环境

　系统工程…………………………………… 钱学森 25

生态经济学必须关心长远的环境问题

　和资源永续………………………………… 钱学森 33

发展地理科学的建议………………………… 钱学森 36

关于地球表层研究的一些看法……………… 黄秉维 47

要区别“地球科学”和地球表层学…………… 钱学森 59

和中国科协书记处书记刘恕同志

　的谈话……………………………………… 钱学森 67

关于地学的发展问题………………………… 钱学森 69

现代地理科学系统建设问题………………… 钱学森 79

就“地理科学”答《地理知识》

记者问…………………………………………… 钱学森 90

一个科学新领域——开放的复杂巨系统

及其方法论…………… 钱学森 于景元 戴汝为 94

一代楷模 风范永存 ………………………… 钱学森 113

要从整体上考虑并解决问题 ………………… 钱学森 124

社会主义建设的系统理论和系统工程

……………………… 于景元 王寿云 汪成为 131

地球表层的人地系统及其调控

……………………… 佘之祥 董雅文 沈道齐 157

再谈开放的复杂巨系统 ……………………… 钱学森 164

论地理学的研究核心——人地关系地域系统

………………………………………………… 吴传钧 172

谈地理科学的内容及研究方法 ……………… 钱学森 185

关于“人地关系”的发展与认识 ……………… 王恩涌 202

地理系统研究的理论与实践 ………………… 张 超 216

地球科学的复杂性与系统性 ………………… 陈述彭 229

我国社会主义建设的系统结构

……………………………… 钱学森 涂元季 245

* * *

钱学森致浦汉昕同志信(17 封) ……………………… 252

钱学森致汪康懋同志信(2 封) ……………………… 268

钱学森致江美球同志信(2 封) …………………… 271
钱学森致高建国同志信(3 封) …………………… 273
钱学森致黄秉维同志信(5 封) …………………… 276
钱学森致牛文元同志信(2 封) …………………… 280
钱学森致景才瑞同志信(2 封) …………………… 283
钱学森致葛全胜同志信(2 封) …………………… 285
钱学森致全石琳同志信(5 封) …………………… 288
钱学森致《灾害学》杂志信(1 封) ………………… 294
钱学森致刘恕同志信(6 封) ……………………… 295
钱学森致田裕钊同志信(2 封) …………………… 301
钱学森致陈德敏同志信(2 封) …………………… 303
钱学森致王铮同志信(2 封) ……………………… 305
钱学森致瞿宁淑同志信(21 封) ………………… 308
钱学森致刘宗超同志信(1 封) …………………… 324

中国地理学会第三次全国代表大会及1963年综合性学术年会开幕词*

竺可桢

这次年会是综合性的学术交流会议，地理学的各个分支学科都提出论文。从大家踊跃提交会议的论文和调查报告来看，真可以说是“百花齐放”，这是最近几年地理学界为农业生产服务的一个总展览。更令人高兴的是，这些论文作者不但有年老地理工作者，更多的是青年地理工作者，大量的论文是近4年来青、老地理科学家积极响应党的“大办农业、大办粮食”的号召，投身到生产实践和科学实验之中去，在实践的基础上提出的有意义的成果。这次会议除了宣读少数论文以外，主要活动方式拟采取专业（或专题）分组讨论来进行。这就可以有比较充裕的时间对地理学为农业服务的重要课题进行深入细致的讨论，以提高我们学科的学术水平和为

* 原载《竺可桢文集》，第442～443页，科学出版社，1979年。

农业服务工作的质量。

这次各方面所提出的论文通过充分讨论以后，将请各专业委员会选出质量较好、比较成熟的在《地理学报》发表，或编辑出版专刊，作为今后工作参考。

下面我想谈一谈有关支援农业的问题。

自从党中央和毛主席提出以农业为基础，以工业为主导的发展国民经济的总方针以来，我国广大地理科学工作者本着为生产建设服务，在当前特别要注意为农业生产服务的精神，经过各方面的共同努力，已经为支援农业生产做了不少工作，例如：农田供水平衡和水盐动态规律研究；高山融冰化雪，增加灌溉水源；沙漠及干旱地区的改造和利用；旱涝变化规律的研究；为农业生产服务的各级自然区划和农业区划；土地资源和自然条件的农业评价与其合理利用以及农业生产合理布局等等。上述工作在若干方面已初步获得了成绩。这些工作经过了各种方式的调查研究，有的直接为粮、棉、油的增产提出了有效的建议；有的则对自然条件和自然资源的合理开发和充分利用进行了许多探索和论证，从而为保证在今后20～25年内实现我国农业的技术改革和生产大发展提供了科学根据。

今年二三月间，中共中央和国务院联合召开了全国农业科学技术工作会议。在座同志中也有许多人参加了这次会议。那次会议的目的是为了初步总结我国农业科学研究工作的经验，讨论农业发展对于农业科学技术及有关科学的要求，同时在这一基础上制订出全国农业科学技术发展十年规划。这项规划把合理充分利用自然条件和土地、生物资源的任务提到

很高地位。在这些任务中,诸如制订全国农业区划;充分利用农业气候资源和克服不利气候条件;合理与充分利用已耕地和宜耕地的土地资源;综合利用土地和丘陵地区;充分合理利用草原;大力开发热带地区和生物资源;干旱地区和沙漠的利用改造;海涂、湖滨、河滩地合理利用的调查研究以及青藏高原地区的综合调查研究等与地理学研究对象密切有关的问题,统被列为重要题目。

就这次农业科学技术会上所制订的规划来看,主要有这样两个特点:第一,为生产服务的思想比较明确;第二,整个规划不仅考虑了农业,而且考虑到林、牧、副、渔各业也就是大农业的综合发展;不仅考虑了现有 16 亿亩耕地产量的提高,而且考虑到 960 万平方公里可以供开发利用的国土;不仅考虑了技术措施,而且考虑到经济效益;不仅考虑了生产事业的发展,而且考虑到科学水平的提高。总之,既有深入的考虑,又有全面综合的观点。

对于这两点精神,我想发表一些简单的个人意见。

地理学是一门面向各个自然要素和整个地理环境,综合性和地区性都很强的科学。我们一定要利用这一特点来开展为农业生产服务的研究工作。应该肯定,建国以来,特别是最近 4 年以来,地理工作者在联系农业生产实践过程中已经有了一个良好的开端。然而从大力发展农业生产的需要看来,还须进一步强调联系实际的必要。俾使今后的研究工作能够切实符合生产部门和地方上要求,按照各地区不同情况因地制宜、有的放矢地进行工作。譬如说,由于我国地域广大,历史发展与经济开发程度各异,因此地理学在各地区为农业生产服

务的对象、选题乃至具体方法也应有所差异。在边疆经济发展较晚地区，各种原始资料较少，可以用普查的方法来取得第一手资料，以作为逐步开发这些地区的参考。在经济比较发达的内地，就必须按照各地当前生产上存在的主要有关课题，参考已有资料进行重点深入的调查研究，实事求是地提供我们的意见。当然，按照学科发展的需要，在总结实践经验的基础上还需要进行基本理论的研究工作。在中国科学院，基本理论研究和为生产实践服务的研究大致是成三与七的比例，这一点今后还得继续贯彻下去。

专题性研究和综合性研究的关系问题也是很重要的。近代科学虽然愈分愈细，但因为科学研究对象——客观世界却是辩证的统一体，一个学科尽可以从本学科的特殊角度来讨论问题，然而最终必须归结到一个目标，即合乎客观世界的运动变化规律。为了达到这个要求，我觉得在各分支学科深入研究、分别探讨和农业生产有关问题的同时，还应该在这个基础上加强综合性的研究，并在各个学科之间提倡相互学习、取长补短。自然地理学中的地貌、气候、土壤、植被等因素固然要综合考虑，自然地理学和经济地理学之间也应加强联系。做自然地理方面工作的同志应该具有并且加强与经济联系的观点，搞经济地理研究的同志，必须在了解自然规律的基础上才能做好对自然条件和自然资源评价，并进而做好生产布局工作。这个关系处理好了，在执行农业科学技术十年规划过程中全面综合观点便可得到更好体现。

这两点不成熟的意见，谨供到会的同志们参考。

我希望这次学术会议，对不同的学术见解和对解决具体

农业生产问题的不同主张，能够进行充分的交谈，各抒己见，自由争辩，尽量做到集思广益、取长补短、相互学习、共同提高。这对于提高我们地理学为农业服务的质量，促进学科的发展，将会起到良好的作用。

中国科学院地理研究工作的方向*

竺可桢

一、基本情况

解放以来，我国地理工作者在党的领导下，遵循着科学为社会主义建设服务，理论联系实际，以及“百花齐放，百家争鸣”的方针，进行了大量的研究工作，基本上完成了国家交给的任务，不断扩大了研究领域和提高了理论水平，壮大了研究工作干部队伍，逐步地改善了研究工作方法和加强了实验技术的基础。

在研究工作方面，我院地理工作者积极参加了区域综合开发的考察研究，为国家在改造自然，充分利用自然资源，进行生产的合理布局等方面，提供了许多有生产意义的科学依据和改造自然的措施。

---

* 摘自1965年中国科学院地理工作会议上的报告。

积极进行或参加了区划与规划中的地理研究，为国家在具体部署农业、工业、交通运输等方面，提供了科学依据。

为了适应国家经济建设和文化建设的需要，积极进行了地理志和地图集的编纂。同时结合社会主义建设的需要，积极进行了许多专题研究和基础理论研究。

随着社会主义建设日益发展的需要，在进行大量地理研究工作的同时，地理研究机构也得到了迅速的发展。现在中国科学院所属的就有地理所、南京地理所、广州地理所、东北地理所、冰川冻土沙漠所、华北地理所、广州地理所河南分所、地理所西南地理研究室、新疆地质地理所等九个研究机构，拥有1 700人左右的干部队伍。在政治和业务质量上都有很大的提高，各所均初步建立起了一些实验室，技术装备有了一定改善，拥有相当数量的图书和资料。地理研究机构的布局在全国范围内已经初步形成。

我国地理学在解放前是极其落后的。解放以来，地理工作者虽然进行了大量研究工作，发展很快，但还远不能适应国家建设的需要。如果以国际地理学水平来衡量，那么我们在气候、地貌、自然地理与经济地理考察、气候水文资料分析、自然区划、农业区划、地理图集、普通地图、生产布局、区域地理等方面工作基础比较健全，有一定的经验。但是自然地理实验研究的基础、航空像片的应用、土壤地理、生物地理考察，以及古气候、人口地理与历史地理等方面还比较薄弱。

今后，我们应当更高地举起毛泽东思想红旗，加速实现革命化，为社会主义建设作出更多更好的贡献，并且尽快地在一些最重要的研究领域方面，赶上和超过世界先进水平。

二、地理学研究的方向与任务和赶超世界先进水平问题

地理学是研究地理环境的形成、发展与区域分异以及生产布局的科学，它具有鲜明的地域性与综合性的特点，同时具有明显的实践作用，与国民经济建设的各个部门有着极其密切的关系。根据党中央关于发展国民经济以农业为基础，以工业为主导的方针以及地理学的性质，我国地理学的研究，应当"胸怀祖国，放眼世界"，积极为祖国的社会主义建设服务，同时通过实践抓紧总结提高，赶超世界先进水平。"三五"期间，以支援农业和国家重点地区的建设作为工作的重点，对于"三线"的建设尤应加以注意，同时对于工业、交通运输、城市建设等其他方面，也应当积极作出自己的贡献。

地理环境是由各种自然条件有机结合而成的，是一个完整的自然综合体。只有对各个自然条件进行综合性的分析研究，才有可能比较全面认识自然，提出改造自然的有效措施和利用自然资源的合理途径，因此，综合研究应当成为地理学发展的主要方向，只有这样才能充分发挥地理学综合性、地域性的特点，为社会主义建设作出自己独特的贡献。综合研究水平的提高，有赖于地理学各分支学科的发展，因此在向综合研究方向发展的同时，亦应当注意各部门地理学的研究。

为了重点支援农业和重点地区建设，为了赶超世界先进水平，各部门地理学中应当着重发展农业地理、综合自然地

理、动力气候、动力地貌、地表径流与地下水、冻土、沙漠以及农业地图等研究工作。对于其他学科和空白学科，也应当加强和充实。自然地理研究工作中应当注意运用现代物理学、化学和生物学的成就，采取比较精确的观测、分析和实验的方法，使定性的描述和定量的分析结合起来；应当发展航空像片以及其他新技术新方法的应用和探索，从而不断地加强自然地理学的基础。关于经济地理研究，必须根据党中央和毛主席关于社会主义建设的方针政策和理论，通过为生产建设服务的实践，建立起我国的理论体系。

根据当前的形势和地理学的发展方向，根据国家发展科学技术十年规划向地理学提出的繁重任务，今后地理学的研究应当强调为社会主义建设服务，为无产阶级政治服务，着重为农业生产服务，我院各所今后主要的任务可抓下列几方面：

（一）农业区划以及自然区划和经济区划研究

我国正面临工业、农业生产新高潮时期，国家急需制定生产规划，建设稳产高产农田，树立样板和推广样板的经验，了解各个地区农业生产上的特点和存在问题，研究改造自然和农业增产措施。为了国家因地制宜地开发利用全国各地区的自然条件和资源，制定农业生产规划和部署农业生产任务，制定农业技术政策提供科学依据，农业区划研究是一项迫切的重要课题。此项研究的做法，应当在当地党委统一领导下，与有关部门密切协作，以地方为主，树立鲜明的生产观点，采取由下而上，上下结合；点面结合，以点带面；由近及远，以近为主；加强综合观点，单项研究与综合分析相结合；区划和专题研究相结合等方式，实行领导、科技干部、群众三结合，使研究

成果真正解决地方农业生产上急需解决的问题。

应当以农业区划为中心，结合进行自然区划和农业地图集的编制。并且在有条件的地方，开展经济区划工作。

(二)区域综合开发和重大改造自然工程中有关地理学问题的研究

地理学在改造自然、充分利用自然资源、合理配置生产等方面最能发挥作用。当前对于新开发地区主要是生产建设的合理布局问题，对于生产比较发达地区主要是如何改造自然、提高生产和改善生产布局的问题。这是国家的重大任务，地理工作者应当积极参加，作出自己的贡献。其中主要的研究任务是：

1. 西南重点地区的工业、运输和农业布局，以及自然资源的开发利用研究。

2. 改变西北干旱地区面貌的研究。其中主要是高山冰雪资源和水土资源的合理利用，沙漠的改造利用以及农业开发问题的研究。

3. 黄淮海平原旱涝碱综合治理的研究，提出综合治理区划和方案。

4. 生产比较发达地区农业的增产途径，以及总结生产布局的经验和改善生产布局途径的研究。

5. 山地(包括丘陵)利用与水土保持的研究。我国山区面积广大，资源极其丰富，同时又是国防的后方。山区的研究应该着重抓：山区自然条件和自然资源的评价，以西北黄土地区、南方红壤丘陵地区、西南山区为主，进行山地利用与水土保持的研究，提出开展多种经营合理利用山区资源的意见；并

研究水土流失规律，为合理利用土地、保持水土，开展农林牧副业生产提供科学依据。

6. 进一步进行以海南岛和云南南部为主的热带自然条件、自然资源调查和以橡胶种植为中心的农业合理布局研究。

7. 青藏高原自然地理的研究。这是我国地理学研究中的一个空白地区，应当系统地进行调查研究，并结合高原公路、铁路修建，研究冻土与冰川情况，提出开发和治理意见。

(三)专题研究

一方面要结合生产实践的需要，另一方面要注意基本理论的建立和提高，并且注意消灭空白学科。其中主要的是：

1. 结合高产稳产农田建设和低产田的改造，进行热量、水分、盐分平衡在农业生产中的应用。目前的重点应当密切结合农田灌溉进行研究，加强观测方法和仪器的实验研究，并总结农民群众经验。

2. 沼泽、湖泊等特殊问题的研究，为扩大农田的综合开发利用提供科学依据。

3. 喀斯特地貌与河流地貌和平原地貌的研究。重点应当结合国家重大水利工程(如三峡、黄河的治理)进行。

4. 开展气候形成、旱涝规律和农业气候的研究。同时应密切结合农业生产进行灾害性天气、农田小气候和物候的观测研究。

5. 结合农业区划、土地利用、工业和运输网布局、城市建设条件等任务进行地区生产合理布局的研究。

6. 综合制图原理与我国地理规律性的反映问题，以及航空像片综合利用，地图制印新技术、新方法和地图分析与量测

的研究。

7. 历史地理和新第三纪以来古地理的研究。

8. 根据国际政治、经济斗争的需要，进行外国地理研究，首先进行东南亚地理的研究。

(四)地理志和地图集的编纂

在系统全面总结地理学研究成果的基础上，编纂出具有较高科学水平的：

1. 中国及各省自然地理；

2. 中国及各省经济地理；

3. 国家大地图集、省区农业地图集和各种专门图集；

4. 中国地理学各分支学科的理论和方法；

5. 各学科科学研究专著。

根据形势发展，科学进步和地理学的现有基础，我们相信通过“三五”、“四五”期间的实践和更进一步的努力，估计十年后，我国地理学可达到一个新的更高的水平，具体表现在：

1. 能够胜利完成国家交予的重大任务，发挥地理学独特的、非其他学科所能替代的作用，并可以承担一些有关的援外任务。

2. 建立起具有我国特点的地理学理论体系和坚实的理论基础。在主要研究领域方面达到世界水平，在一些和农业生产有关的综合性的研究领域方面(如农业区划、自然区划、农业地图、水土保持、热带和沙漠研究等)可超过或开创世界的先进水平。在国内消灭一些地理研究的空白地区。

3. 积累起系统的本国地理资料，并完成一系列高质量的地理志、地图集和专著。

4. 在技术水平上拥有一系列成龙配套的实验室和定位观测站以及现代化的观测、考察设备。

5. 拥有一支又红又专的强大的专业队伍。

环境管理是国家的一个重要功能*

钱学森

国家的环境管理功能包括生态平衡、环境保护、地质、气象、地震、海洋以及废旧物资的回收利用。资本主义工业发达国家的教训和我们自己30年来的经验,使大家对环境问题开始重视了。国家颁布了环境保护法,成立了城乡建设环境保护部。许多同志还进一步提出了要把国家的生态系统引入到良性的平衡,大大增加森林覆盖面积,制止水土流失,从而保证农业生产的基本条件。不少同志还强调:必须严格控制工业的废水、废气、废渣对环境的污染,不然人民的健康要受到威胁。我国有960万平方公里的陆地和附近的海域,还有下至几公里的地壳,上至几十公里的大气层,对它们应该有一个充分的了解和认识。有了对环境的了解和有关知识,

* 摘自1982年11月2日在中共中央党校的讲课:《研究和创立社会主义现代化建设的科学》。

还要用它来调整我们改造客观的指导思想。这方面我们一定要吸取世界各国的经验教训，结合我们自己的实践，用马克思列宁主义、毛泽东思想来制定我国的环境政策。我觉得这里还有这样一个问题，就是怎么看待废旧物资，或者叫废水、废气、废渣？据统计，我国1981年全国供销系统一共回收了废旧物资1 130万吨，价值19亿元。而且这也仅占工农业总产值的2.8%。具体资源按品种的回收率还没有统计。但是我们粗略做一比较就可以看出远远不如国外一些国家所达到的数字。如西德，锡的回收率就达到46%，铅达到45%，纸达到45%，铜达到40%，钢达到35%～40%，铝达到25%～30%，锌达到20%～25%，玻璃达到15%。我们对于回收废旧物资和三废处理问题，要提高认识。不要只把眼睛盯在“废”字上，要把它看成是资源，而且这个资源不必去开采，是送上门来的。已经到了手的东西不要扔！这个问题从前我们也说要重视，但是恐怕消极的方面想得多了一点，积极的方面想得少了一点。把废的东西扔掉，实际上是浪费了国家的资源。此外，扔了以后，它还造成祸害，污染环境。类似这些方面还有很多很多工作要做。如城市垃圾，想办法搞成城市沼气，不就成了能源了吗？总之，环境管理非常重要，工作也很复杂、艰巨，是一项复杂的系统工程技术——环境系统工程技术。

地球表层的系统与进化*

浦汉昕 （中国科学院生态环境研究中心）

地球表层是人类的聚居场所。人们感到自己的命运和地球表层息息相关，人类本身就是地球表层的一个组成部分。

一、地球表层是一个具有耗散结构的开放系统

地球表层是一个特殊的物质体系。1875 年 E. 休士就将它称为生物圈（biosphere），现已成为普遍通用的名词。生态学家也称它为生态圈（ecosphere，L. C. 科尔）。苏联地理学界又称它为地球表层（наружная земная оболочка，勃罗乌诺夫，1910）和地理壳（географическая оболочка，A. A. 格里高里耶夫，1932）。名称虽然不同，但

* 原载《自然杂志》第 6 卷第 2 期，1983 年。

研究的对象都是指地球表层这一独特的物质体系。它们所划定的空间范围也大致相同。生物圈指地球上生命存在的部分。地球表层的范围比生物圈要宽，一般认为它的上界以对流层的高度为限(极地上空约 8 公里，赤道上空约 17 公里，平均 10 公里)，下界包括岩石圈的上部，陆地上约深 5～6 公里，海洋下平均深 4 公里。

地球表层的特性一般概括为：

1. 气体、液体、固体三相以同心圆圈层状分离，但又互相接触渗透；

2. 地球的内力与外力相互叠加；

3. 有机与无机相互转化；

4. 是人类聚居的场所。

但是上述的几方面并没有回答地球表层作为一个特殊物质体系的实质，它到底是怎样一个物质体系，它的动态特征又怎样？长期以来，使一些科学家困惑的是，根据热力学第二定律，宇宙似乎应该趋向平衡，即所谓“热寂论”。然而地球表层，地表的自然界及其人类本身，却都是由简单到复杂，从低级到高级，蓬蓬勃勃地进化发展。比利时物理学家普利高津(I. Prigogine)创立的耗散结构理论成功地解释了远离热力学平衡态稳定物质结构的形成，这一理论正被广泛地应用于化学、生物、医学、地学甚至社会科学。耗散结构理论同样有助于我们深入地认识地球表层的本质和进化发展的原因。

普利高津认为，开放系统不断与环境交换能量与物质，只要形成了足够的负熵流，就能使系统的总熵不增长，甚至减少，这样开放系统就能够远离平衡态产生有序稳定的结构，这

就是耗散结构。他还指出,“非平衡是有序之源。”这种非平衡条件下形成的有序结构不同于平衡条件下的“平衡结构”,例如晶体、液体等等;前者是“活”的有序结构,后者是“死”的有序结构。所谓“活”的有序结构,一方面指它必须不断与环境交换能量与物质,新陈代谢,吐故纳新。另外把它看作“活”的有序结构还由于它是一种自组织现象。对于平衡结构,涨落只能破坏其稳定性。但远离平衡态随机的小涨落却通过相干效应形成宏观的“巨涨落”,它使系统由不稳定跃迁到一个新的稳定的有序状态,形成耗散结构。涨落不仅是形成耗散结构的杠杆,而且小的涨落也是耗散结构保持定态的条件,它使系统表现出自我调节的能力。当小涨落扩大为“巨涨落”时,系统的定态就被破坏,它将进化或退化,在新的水平上形成新的稳定的结构。

有机体是高度有序的耗散结构。生态系统也是耗散结构的明显例子。生物不能脱离环境存在,它不断与环境交换能量与物质。生态系统是指占据某一地段的生物与非生物环境之间相互作用的统一体,并有一定的功能、结构和自我调节能力。生态系统的生产者——绿色植物固定太阳能,为整个系统输入了负熵流,负熵流经过消费者(草食动物和肉食动物)复杂的食物链和分解者的渠道流通转化、消耗散失,最终输出到环境中去。生物圈就是地球上所有生态系统的总汇。普利高津指出“整个生物圈就是一个非平衡系统,是从属于太阳能流的系统”。

太阳辐射能是地球表层的主要能源。地球接受的太阳辐射能总计为 1.73×10^{17}瓦特,而进入地球表层的地能与潮汐

能估计只有 3.5×10^{13} 瓦特，地球表层获取的总能量为 1.73035×10^{17} 瓦特，其中太阳辐射能占 99.98%。太阳辐射能进入地球表层后推动大气循环，全球的大气环流模式就是能量稳定的对流传递的方式。太阳辐射能引起的水循环，带动了地球表层大量物质的循环运动，形成地表地貌的侵蚀堆积过程。有机体固定的太阳辐射能，是地球表层全部生命运动的能量基础，也是高度繁华的人类社会赖以存在的基本能源。进入地球表层的太阳辐射能是短波辐射，由于量子的能量值与波长成反比，因此光量子的能量高，也就是熵低，所以在地球表层内作功。最后以热辐射逸出地球表层的是长波辐射，热量子的能量低，也就是熵高。这样太阳辐射能在地球表层内流通转化形成负熵流，使地球表层能够远离平衡态形成有序的结构和稳定的功能，成为具有耗散结构的开放体系。

二、地球表层的进化发展

人们把地球发展史的 40 多亿年以前称为地球的天文期，40 多亿年以来称为地球的地质时期。在地球地质时期的初期，放射性热生成率比今天高许多倍，地能是当时地球演化的主要能源。因此在 40～19 亿年前，地球内部热量大量积聚，使地球物质熔融，喷溢大量岩浆、气体和水蒸气，形成了原始的岩石圈、水圈和大气圈。19 亿年以来地壳增厚，地能对地球表层的作用减弱，太阳辐射能逐渐成为地球表层主要的能源。进入地球表层的太阳辐射能主要以大气循环、水循环、岩石的物理化学风化等方式流通转化。太阳辐射能进入地球表层后很

快就散失了，在内部积聚的量不多。

这时的地表环境处于还原状态，大气成分以 CH_4、N_2、H_2O、NH_3、CO_2 等为主。在紫外线的强烈照射下，简单的小分子和元素在原始海洋中合成高分子碳水化合物。大约在 30 亿年前，在广布有机化合物的海洋中终于合成了生命。有机体成为地球表层中能量流通转化的一个新环节。最初是异养的细菌，靠海洋中的有机化合物积聚能量为生。由于海洋中有机化合物毕竟有限，当它们与异养生物的消耗量最终达到平衡时，异养生物感到食物的匮乏，从而出现了突破，产生了自养生物——具有叶绿素的蓝藻，能进行光合作用，自身固定太阳能。这样在海洋中形成了最原始的生态系统，具有自养与异养、合成与分解两个环节的藻菌生态系统。自养生物的出现是地球表层进化史上的一次飞跃，改变了系统的功能与结构，打破了原来能量积聚与散失之间的平衡，从环境中获取更多的负熵流，增加了太阳能在地球表层的存储。

有机体是一个高度有序的系统，由于它与无机环境不断进行能量与物质的交换，将无机环境也更为有序地组织到生态系统中去。有机体改变了地球表层中的物理、化学过程，特别是元素迁移过程，从而改变了地球表层的组成与结构，逐渐形成生物圈。由于光合作用，原始大气的成分逐渐从还原型改造成氧化型。原始大气中的 CO_2 减少，其中的碳以碳酸盐被大量固定在岩石圈中，而氧被释放，使大气中的氧气含量增加。大气圈的上层形成了臭氧层，吸收对生物有杀伤力的短波紫外线，给生物在地球表层中的繁衍创造了有利的环境。

氧气在大气圈中浓度的增加，最初对原始生物是威胁其

生存的“污染”。因为当时的原始生物是在无氧环境中生存的，它们是嫌氧生物。生物改造环境，环境也改造生物。原始生物中逐渐形成了一种喜氧生物，它们进行有氧呼吸。当大气中的氧含量达到现在大气中氧含量的千分之一时，原始的嫌氧生物逐渐让位给喜氧生物。有氧呼吸与无氧呼吸相比，能量的转换效率提高了大约 19 倍。可见生物对环境的改造与适应，其结果是生态系统中能量与物质转化效率的提高。生物是作为地球表层这整个系统中能量流通转化的部分环节进化发展的。

生物在海洋里有一个漫长的发展、繁荣的历史。生物从原核细胞进化到真核细胞，植物与动物逐渐分化。距今 4 亿年前生物从海洋登上陆地。生物进入了一个接受太阳辐射能更为充分的广阔的天地，生物的种类与数量都大幅度增长。水陆也都形成有生产者（植物）、消费者（动物）和分解者（细菌）复杂完善的生态系统。绿色植物在地球表面形成了覆盖层，更多地固定太阳能和引入负熵流，成为改造地球表层的强大动力。同时地球表层最后一个圈层——土壤圈也形成了。泥盆纪末气候温润，陆地出现茂密的森林，其中一部分被封闭在地层里，形成了今天的煤炭，这样大量的太阳能在地球表层中堆积。从泥盆纪植物繁荣时代以后，生物界逐渐进化到现在的动植物区系，种类数量空前增长，如今现存的生物种类估计达四五百万，植物有 40 万种，其中绿色植物 25 万种以上。

二三百万年前人类的产生是地球表层进化史上最后一个重大飞跃。开始人类只是天然生态系统中的一个普通的消费环节，由于它以社会生产的方式改变着能量与物质的输入输

出和流通转换，形成了独立的具有耗散结构的新开放系统——人类生态系统。火的使用是人类第一次将大量的能量投入到人类生态系统中去，自此以后输入的能量日见其多，人类生态系统的发展也越来越快。现在人类的活动已极大地改变了地球表层的面貌，人类的作用使具有耗散结构的地球表层进入一个全新的阶段。

三、地球表层进化的特征

地球表层作为耗散结构进化发展具有下述特点。

1. 它从简单到复杂，从比较无序到比较有序。它的能量与物质逐渐以同心圆的形式分异，最初形成岩石圈、大气圈、水圈，随后又从无机环境发展到有机环境，形成了生物圈、土壤圈。地球表层中能量与物质分布的不均匀性增加。与此同时太阳能在地球表层中流通转化的途径日趋复杂，最初只是在无机环境中以物理、化学的形式流转，以后被有机体固定转化，从而地球表层提高了固定太阳能的能力，贯穿地球表层进化的是太阳能在其内部的积聚。地球表层作为一个开放系统，负熵流不断增强，积累着越来越多的自由能，使它进化发展，形成越来越复杂有序的耗散结构。

2. 地球表层有三大耗散结构类型：自然地理系统、天然生态系统和人类生态系统。地球表层的进化，也就是这三大类系统的进化发展。

自然地理系统是指太阳能进入地球表层后在大气圈、水圈、岩石圈等各个圈层中流通转化形成的系统。

自然地理系统是生态系统的环境，而且生态系统是在自然地理系统中孕育发展的。由于有机体固定、转化太阳能引入的负熵流比自然地理系统的更强，因此生态系统比自然地理系统更为有序，功能更强。

人类生态系统是以人类为中心的生态系统，它与天然生态系统有本质差别，它是以人类的社会生产与消费实现系统与环境的能量与物质的交流及其在内部的流转。人类生态系统从生态系统中获取最重要的负熵流，例如维持人们生存的食物等等。人们将天然生态系统不断地改造成人工生态系统，譬如农田生态系统、草地生态系统等等。除此之外，人类生态系统还大量开发利用地球表层在过去地质历史时期积聚的太阳能，如地层中埋藏的煤炭、石油。人类生态系统是生态系统进化的产物，由于它获取了更强的负熵流，它形成了远比天然生态系统复杂有序的耗散结构。

3. 自然地理系统、天然生态系统、人类生态系统三者除了发生学上的联系外，在能量与物质交换方面也紧密相联。地球表层内能量在三个系统中的流通途径是：自然地理系统——天然生态系统——人类生态系统。

当一个系统从另一个系统中获取负熵时，必然引起后一系统总熵增长。天然生态系统的生产者自身固定太阳辐射能，增加了地球表层的负熵流，因此它与自然地理系统是协调一致的。人类生态系统不断从天然生态系统及自然地理系统中获取能量与物质，所以面临着环境的总熵增长问题。人类改造自然，就是不断地改造生态系统和自然地理系统，克服它们的熵增，并且改变它们的功能与结构，提高自然生产力。但是由

于现代人类社会的生产与消费高速发展，人类生态系统从环境中索取的能量与物质迅速增长，同时现代工业又将大量废弃物排放到环境中去，危害了天然生态系统和自然地理系统的正常功能，因此环境问题日益严重。所谓生态平衡破坏等问题，就是生态系统由于人类的影响引起总熵增长，逐渐退化的问题。人们一方面从自然环境中获取能量与物质，另一方面又要克服生态系统和自然地理系统的退化。这是一对永恒的矛盾，有矛盾才有发展，它是推动人类改造环境、适应环境，从而进化发展的动力。现在人类已经成为改造地球表层，并且促使它进化发展的主导因素。

参考文献

〔1〕Nicolis G., Prigogine I., *Self-Organization in Nonequilibrium from Dissipative Structures to Order through Fluctuations* (1977)13,448.

〔2〕陈世骧，《生物史》第四分册，科学出版社(1978)89。

〔3〕章申，《环境科学研究与进展》，科学出版社(1980)132。

保护环境的工程技术

——环境系统工程*

钱学森

我从系统工程的概念出发,在几年前建议称保护环境的工程技术为环境系统工程[1],但一直没有专门讲讲这个问题。不久前,接到中国人与生物圈国家委员会的通知,说在北京自然博物馆展出与联合国教科文组织联合举办的人与生物圈(MAB)展览,于是抓了一个星期日早晨去看。展出的有教科文组织的大约20来块图版,上半块图文(英)并茂,下半块汉文翻译。那天有不少中学生在看,并且很用功,在记笔记。但我看联合国教科文组织有点老气横秋,像旧中国时外国传教士的口气,画面大都是讲第三世界在生态环境保护方面的失误,在教训人。而可笑的是:图版讲解中倒有些非马克思主义的错误。不知中学生们记没记进笔记中去!幸而同一展室中有我们自己准备的4块图版,内容十

---

* 原载《环境保护》1983年第6期。

分全面正确，看了令人高兴。因此，看了展览回来就想写点关于环境系统工程的东西。

正在这时候，北京市环境保护局科技处的孙吉民同志来信约稿，说《环境保护》编辑部要宣传环境系统工程，所以，我就写了下面这些话。当然这些看法不一定对，说出来是为了请同志们批评指正。

一

首先，我认为所谓人与生物圈的概念是不够确切的，它不能把今天人活动的范围全部包括进去，倒是如同中国科学院地理研究所浦汉昕同志指出的，苏联科学家用的地球表层或地理壳更准确。地球表层包括上至大气对流层顶层（在极地上空约 8 公里，赤道上空约 17 公里，平均约 10 公里），下至岩石圈的上部（陆地上约深 5～6 公里，海洋下平均深 4 公里），这才是今天我们人在开发利用，并有很大影响的范围。因此，环境的涵义，现在应该是地球表层，而不是什么 MAB。

浦汉昕指出，地球表层所包括的非生物、生物和人可以看作是一个巨系统，而且是开放的、有序的巨系统，因而也是诺贝尔奖金获得者 I. Prigogine 所说的远离平衡态的耗散结构，是活的，不是死的，是在发展、演化的，不是静止不变的。为什么说它是开放的而不是封闭的呢？因为地球表层同它以外的地方有物质和能量的交换：从输入到地球表层的方面来说，有太阳辐射，大到 1.73×10^{17}瓦的功率；还有潮汐能 3.5×10^{13}瓦；地壳深处也向地球表层送热岩浆；地球表层也接受来自天

上的各种粒子流，如宇宙线，以及电磁波；还有流星、陨石；等等。另一方面，地球表层也有输出，最大的一项就是同太阳辐射能大致相等的红外辐射，散发到宇宙空间；还有少量的质轻的气体分子散溢到上层大气，以至空间；在地壳板块边缘处，也会有岩层离开地球表层斜插入深处；现在人们还把人造卫星、飞船送入太空；等等。对地球表层来说，进来的东西不等于出去的东西，在地球表层内部变化了，所以地球表层是开放的。

为什么说地球表层又是有序的呢？第一因为它是在有规律地发展着，或说地球表层是在进化着，从形成地球时的无生命的地球表层到有生物的地球表层，再从有生物的地球表层到今天居住着有高度物质文明和文化的人类的地球表层，已有几亿年的历史了。这一点浦汉昕已经作了说明，我不再在此重复了。我想指出的是地球表层巨系统的有序性还表现在它的多层结构，而多层结构是有序巨系统的特征[2]。有什么层次？从保护环境的角度来说，最基层的一级结构是一个工厂、企业，一个生活区，一片林地，一块农业种植田，一片渔业水面等。对后面这几种结构，一个非常重要的概念就是生态群落的思想，对此我国生物学和农业工作者已经有很多研究并在实际运用中取得很成功的经验；最近西北林学院的张亮成同志作了总结。对于养鱼池塘的生态群落，广东顺德县杏坛公社逢简大队第七生产队员梁二妹的淡水养鱼丰产经验[3]是惊人的，她在 1982 年，亩水面年产鱼 1 139 公斤！这都是学问。

地球表面层结构的再上一个层次就是一个地区的环境。地区的划分不能是按行政区域，不能是什么市、市管县，而应

该根据实际情况，相互影响的关系，也就是相对独立性来定。例如长江三角洲是一个地区单位。我们国家大约有几十个这一级的结构。

更上一级层次就是国家层次，最后当然是世界层次。所以从基层单位算起，一共有四个地球表层的结构层次。在分层次中，我们以人的活动为主，自然条件为辅来划分，其原因就是因为人在今天是主宰地球表层的，是地球表层最活跃的因素。这也就说明我们认识地球表层的内在关系，它的运动变化规律是多么重要了；不认识会导致策略错误：办蠢事，以致使地球表层的演化不是向进化发展而是向退化发展。为了引起重视，我建议称这一门学问为地球表层学，是一门跨地理学、地质学、气象学、工农业生产技术、技术经济学和国土经济学的新学科。因为我们在研究一种巨系统，是有层次的有序结构，所以需要系统科学的基础科学——系统学的帮助[2]。我们要创立地球表层学，从而深刻认识巨系统的运动规律，并且找出使环境改善和进化的理论根据。

二

现在也就清楚了：我们讲地球表层巨系统，提出要创立地球表层学的目的是因为地球表层的一切变化将影响我们的环境，为了搞好环境保护的工作，有必要深入研究它，以建立必要的理论基础。而且既然已经肯定地球表层是个巨系统，那么管理这个巨系统的技术也就肯定是一门系统工程，环境系统工程。所以地球表层学是环境系统工程的理论学科，而环境系

统工程又是应用地球表层学来保护和改造我们的环境的工程技术。

既然保护和改造环境是一门系统工程，那么环境系统工程也还要依靠系统工程的一般方法理论学科，如运筹学，以及电子计算机技术和控制论等。环境系统工程也要运用国土经济学的成果。

下面我来讲讲有关环境系统工程的轮廓性的意见。

根据地球表层巨系统的概念，在环境系统工程中也要明确分级解决：第一级是有关地球表层巨系统的第一个层次的，即工、农业生产和人民生活的基层单元的；第二级是有关第二个层次的，即区域性的；第三级是有关第三个层次，即全国家的；第四级是有关第四个层次的，即全世界的。每一级的环境系统工程的工作任务都不尽相同，管理的方针也因此要有区别。

从国家行政角度来讲，第一级的环境系统工程主要是制订法令、规定，要求各基层单位严格遵守，不得污染环境。另外就是监视的取样测量工作。当然标准要适度，要逐步随技术的改进而提高要求。这就要求引用效益分析的科学方法，比较各种监测标准的经济效果，权衡利弊。另一方面，我们也要作宣传工作以提高人们对保护环境的重要性的认识。以前我们对此做得很不够，对利用废水、废气、废渣的意义总是从防治祸害来看，而不从积极意义来看，比如废物实际上是人造的资源，而且是送上门来的资源，不用去开矿，不用去远道运输，就在手头！我们还要指出所谓废弃物的利用，不但工业是如此，农业也应如此，也要努力发展。这一级的环境系统工程工作是

基础，基础打好了，再上面几级的工作才能进行，比如酸雨问题[4]就是如此。充分利用废物，变废为利，应该是社会主义制度的优越性表现之一。经济学家许涤新同志对此已讲得很清楚了。

更上一级到第二级的环境系统工程是以一个地区为单位的。这里第一位的环境改造工作是植树造林，进行绿化，包括培养花草，现在国家十分重视这项工作，发出了绿化祖国的号召。我想有关的环境工作还有恢复露天开矿所破坏的地表，改造矿渣堆置的地面等，使他们重新成为生机勃勃的地方。这个问题在工业发展较早的国家已成为公害之一，美国每年增加这种人造荒原 500 平方公里，现累积已达 15 000 平方公里。我们从现在起就要注意，从一开始就避免这种破坏，随时恢复。更积极的环境系统工程工作是控制气象，如在我国东南部沿海地区，改变台风运动的方向，不叫它登陆，做到有台风降雨之利而无台风破坏之害。再进一步搞人工降雨也有可能，这原是 50 年代就开始了的气象技术，后来在资本主义国家又衰退下去，无人问津了，原因是降雨区控制不准，一家投资，雨下到别人那里了，不能得利。这个问题在我们社会主义国家是可以解决的。

再上一级的环境系统工程是全国性的、跨地区的了。我国现在正在营造北部林带以防止沙漠化，就是这类措施。今年开工的东线南水北调工程也是这类措施。随着社会主义建设的进程，这一级的环境系统工程措施会因国家力量的增长而多起来。但国家一级环境系统工程还要考虑另外一个方面的问题，这些问题解决得好，又能反馈到下面几个层次的环境保护

和改造。例如，国家的能源政策，要解决烧煤带来的麻烦而改造燃料煤，要大力发展沼气解决农村能源和城市污水处理问题，要充分利用水力和风能等清洁能源等等，这都将为第一级、第二级的环境系统工程创造条件。其实建筑形式也对环境有影响，能够节能的建筑，冬季保温，夏季凉爽，也能有助于保护环境，减少污染。中国建筑学会副理事长、兰州市副市长任震英同志提倡黄土高原的窑洞是有道理的，国外不是在搞地下建筑吗？窑洞是几乎在地下的建筑，加上现代技术完全可以成为现代化的住房和工作用房。联系到环境保护，国家现在就要研究由核能利用后产生的核废料的处置问题，这是一个世界各国都没有很好解决的问题，核能要大发展，我们要赶快研究，提出全面的方案。

最后一级环境系统工程是关系到全世界的环境保护和改造；特别是今后长期的演化，是恶性的，还是良性的？大气中的二氧化碳浓度真的在不断增加吗？真有所谓温室效应而气温上升吗？但全球环境系统工程是一项国际协作的工程，联合国教科文组织的人与生物圈委员会是不大能有什么作为的，因为解决国际事务问题远比说教要困难得多。

前面讲的四级环境系统工程又是一个整体，因为环境就是地球表层这一统一的巨系统，是互相关联的。这是环境系统工程的一个特点。当然我在这里讲的也不一定都全了，会有遗漏，例如非常重要的天气预报、地震预报就没有列入环境系统工程，而气象与地震都是影响环境的重要因素。

三

我在以上的文字里，讲了我所认识的整个环境问题，它的理论科学——地球表层学，和它的工程技术——环境系统工程。可见它是多么复杂庞大的问题，现在国务院有了城乡建设环境保护部，是大好事。但现在仅仅是个开始，为了我们的子孙后代，为了社会主义、共产主义的明天，我们要做的工作还多着哩！我们要认真研究这个问题，建立必要的研究机构。此外，既然是个新的事业，是开创性的工作，我们就要认真考虑培养工作人员的问题。听说有的研究单位已经开始在招研究生，造就专业工作者，这是应该的。

看来所有这一切都必须有个通盘规划，目光要放远些，要看到21世纪！

参考文献

〔1〕钱学森，《哲学研究》1979年第1期，20页，收入钱学森等著《论系统工程》，湖南科学技术出版社，1982年，205页。

〔2〕钱学森，《系统工程理论与实践》1983年第4期。

〔3〕《经济参考》1983年3月17日，1版。

〔4〕《环境管理通讯》1983年第1期，3页。

生态经济学必须关心长远的环境问题和资源永续*

钱学森

今天是中国生态经济学会成立大会，我是一个外行，但是我想，我们必须关心环境和资源问题。在这个问题中，不仅有自然科学技术问题，就我国目前情况来看，更主要的是经济问题。我向中国生态经济学会的成立表示祝贺，同时就环境和资源问题讲讲自己的看法。

第一点，我想，真正关心我们的生活环境，只讲生物圈，讲人与生物圈，概念似乎不很确切。中国科学院地理所年轻的研究人员浦汉昕同志说："我们要考虑的问题，是整个地球的表层。"就是与人的社会有密切关系的上至大气对流层，下至整个岩石圈的上部，我很赞成这样的说法。我们研究环境这门学问，实际上就是地球表层的学问，或叫地球表层学。这个巨大的范围

---

* 1984年2月14日在全国生态经济科学讨论会暨中国生态经济学会成立大会开幕式上的讲话。

是一个巨大系统，它并非是与其周围隔绝的，而是一个开放的、运动的、有交换的系统。如太阳能被地表接收，经过一系列变化，又把这个能量作为低温辐射放回太空中去，这就是一个很大的交换。即使岩石圈下面，根据地球板块学理论，它也是同地球内部更深部分有交换的。就是说，这个开放的系统就是我们要研究的对象，它不仅大而且有很多层结构，相当复杂，那么我们要搞好环境经营管理，就必须开展多学科综合研究，要提倡多学科交流讨论。

去年在北京召开过一次全国天文、地质、地震、气象相互关系学术讨论会，这个会很好，把许多问题联系起来用现有的系统工程方法来研究，很有必要；但还很不够，如何搞好良性循环而不是恶性循环，有很大学问，如何研究它，要引导到我们所需要的良性循环或稳定在我们所需要的那个好的环境，这样的理论还要我们去开拓。

我们要建立环境系统工程的理论科学，那么我们就要研究地球表层学，而地球表层学的建立，又要靠多学科的综合，要靠系统科学，要靠系统学的深入研究。

第二点，我们这个学会是研究生态经济学，我们要考虑现在和子孙后代，就是要考虑资源怎么不断为人类利用，做到永续利用的问题。例如，如何看待“三废”。我们以资源的观点来看，“三废”不是废，恐怕是宝，是送到我们家门口，不需要开采的资源。从前在旧社会，老头子背个篓筐，拾废纸。在篓子上写着“敬惜字纸”。现在自然不要“敬”字了，但还要“惜纸”。就是在资本主义国家，如西德废纸的60%都收回再利用了，钢铁回收率达到70%到80%。只有资源回收再加以利用，才能够

把我们地球上的资源一次又一次利用，我们的子孙后代也可以再用下去，要不然将来怎么办？

“三废”不回收就会污染环境，例如烧煤将二氧化硫排入大气，它又形成酸雨，影响很坏。但二氧化硫是生产硫酸的原料，本来是个宝贝，你不用，它就成了公害。这些问题我觉得非常重要，同时对回收物的再利用也是一个很复杂的问题。充分利用“三废”是我们社会主义经济的一个组成部分，不能像现在这种状态，浪费太厉害，而且污染、影响环境。这些浪费并不是我们没有能再利用的技术造成的，恐怕经济上的问题是主要的。有人说笑话：工厂污染严重，如果罚款，一个月罚几十万他都不在乎，但是，如果罚厂长的话，只需罚几十元，问题就马上解决。我们是研究生态经济的，从现在的情况看，主要的问题还是经济问题，当然也有自然科学和技术的问题。总而言之，变废为宝，充分利用自然资源，这样才能搞好资源的永续利用。

我谈的主要就是以上两点。最后，我祝愿中国生态经济学会为社会主义建设做出重大贡献，我相信中国生态经济学会一定能为我们社会主义建设做出重大贡献。

发展地理科学的建议*

钱学森

这次讨论会是由中国地质学会、中国地震学会、中国天文学会、中国气象学会、中国空间科学学会、中国岩石矿物地球化学学会、中国古生物学会、中国地球物理学会、中国海洋学会、中国水利学会、中国地理学会，这十一个学术团体联合发起的，充分体现了现代科学技术，特别是“地理科学”综合化的趋势，这也是科学深化的趋势。刚才，程裕淇同志讲了，第一届讨论会是由六个学会发起的，这次是十一个，第三届不知还要多少。这一趋势在今年9月份中国科协三届全国委员会第二次常委会议上同志们就指出并强调了的。而且认为，中国科协要促进这方面的工作。因此，让我首先代表中国科协祝贺第二届全国天地生相互关系学术讨论会的召开，

---

* 在第二届全国天地生相互关系学术讨论会上的发言。原载《大自然探索》第6卷第19期，1987年。

祝会议成功。

比起十一个学会的同志来讲，我是外行。为什么我这个外行竟然敢来讲呢？我觉得这次会议(包括第一次会议)所选择的是一个非常重要的现代科学技术研究课题。

一

我刚才用了“地理科学”这个名词，为什么呢?这是由于在今年6月中国科协的“三大”之后，我收到了今天在座的黄秉维同志的来信，看了他的信，我受到很大启发，觉得“地理科学”这一古老的名词，现在应该把它很好地用起来。我认为，“地理科学”就是一门综合性的科学，地理科学研究的对象就是地球表层。在这次会议的《论文摘要集》中，有两篇就是讲这个问题的。“地球表层”这一概念是借用苏联科学家的建议，指的是和人最直接有关系的那部分地球环境，具体地讲，上至同温层的底部，下到岩石圈的上部，指陆地往下5～6公里，海洋往下约4公里。地球表层对人的影响，对社会的发展都有密切的关系，地球表层往外的部分和地球表层更深的部分是地球表层的环境。这次“天地生相互关系学术讨论会”的论文摘要集中，绝大部分的文章是研究地球表层的，也有一部分是研究地球表层以外的，即地球表层的环境。这里提出的“环境”这一概念，是系统科学的一个概念。从同志们的论文中可以看出，“地球表层”是一个系统，而且是一个非常复杂的系统，在系统科学中，称非常复杂的系统为“巨系统”，不是大系统，而是比大系统还要大。地球表层是一个巨系统，这个巨系统不是封闭

的，与环境是有交换的，这是当今系统科学中的一个概念。交换的外围就是巨系统的环境。地球表层这一巨系统与环境有物质和能量的交换，这是一个开放系统，其复杂性就在于它是个开放的系统，不是封闭的系统。封闭系统比较简单，开放系统要比封闭系统复杂。所以，我们要研究的对象就是这个巨系统的本身，要研究巨系统的本身，就必须考虑巨系统的环境。我想用“地球表层学”这样一个名词来称呼这门学问；有同志说，也可以用“环境科学”来叫这门学问，我认为不妥，因为它是公认的另外一门学问，内容不是我们在这里说的，用这个词只会制造混乱。总之，今天我讲的主题就是天地生综合研究要进一步向前发展，成为现代化了的地理科学，这是一个重要的问题，它的基础理论学科就是“地球表层学”。

第一，地球表层学是“地理科学”的基础理论学科，要想继续发展，就必须要重视这门学科，只有这门科学的建立，才是真正把我们这十一个学会及其他十几个、二十几个甚至三十几个学会的研究工作结合到人们最关心的人类生活在地球环境中这一问题。现在大家可以统一成这样一个意见，就是一定要进行综合研究。单独的研究是不行的。我自己也从黄秉维同志的来信中学到了这一点：分割开来研究是不能解决问题的，只能是越搞越乱。因此，一定要进行综合研究。大家也注意到这一问题，最近有不少文章，甚至在地质哲学方面的文章，如1986年第8期《哲学研究》上，有一篇文章从地质学的角度说明要将自然科学的许多学问综合起来。我觉得，他只是讲了地质运动，从我们研究的问题来看，那仅仅是一部分。所以，我们要考虑的问题是许多学科的综合，涉及到的范围还要广泛得

多。这是一个基本概念。

第二，我们提出“地理科学”这一重要的学科，其基础学科是“地球表层学”。这与我们常说的数学、物理学、化学、天文学、地球科学、生物学是基础科学的意义是一样的。它是包括了许多部门的庞大的“地理学科”的基础理论，我们要把它建立起来，没有理论的指导，其他学科的研究就会遇到困难。所以，我们强调要建立“地球表层学”。这是一门带头的学科。基础理论科学的下面一个层次，就是应用理论学科，现在“地理科学”的应用理论学科已建立了很多，已建立的有生态经济学，现在要想建立的有如城市学，即研究城市体系的一门学问，这是城市规划的理论。我曾建议，为了使地理科学研究定量化，有必要建立“数量地理学”，就是用数学方法，主要是指系统工程、系统科学方法来解决“地理科学”中的问题。数量地理学、城市学、生态经济学等学科，都属于“地理科学”的应用基础学科的层次。而最直接改造客观世界的学问，在“地理科学”中也有，即地理科学的应用技术，如城市规划、环境保护、水资源等都是属于这样的问题。因此，我提出这样一种想法，不知大家是否同意，就是“地理科学”是包括内容很多的一大门科学，根据现代科学近 100 年来的发展，可将它分成三个层次：最理论性的层次，就是基础理论学科，我认为这就是“地球表层学”，尚待建立；第二个层次，就是应用理论学科，这发展得较快，有的还需建立，如数量地理学；第三层次，直接用于改造客观世界的应用技术，现在已经很多。能否这样考虑，首先要把“地理科学”建立起来，这是当今科学的一个重要组成部分，它又分为基础理论、应用理论和应用技术。

刚才黄汲清同志对我说，综合研究还具有哲学意义，确实如此。所以，前面我谈的还不全，还要对“地理科学”进行更高一个层次的概括，即地理科学的哲学概括，我现在还说不出它的名字，但要有这么一门学问。我认为黄汲清同志的意见很好，根据马克思主义哲学观点，人类的知识最后要概括到哲学，就是马克思主义的哲学，就是科学的哲学，不是臆想的哲学，不是乱编的哲学。从实践上升到科学的理论，又从经过实践考验的科学理论再上升到、概括到哲学。这一观点，不知哲学家是否接受？最近几年我常宣传这一观点。正因为这样，我认为马克思主义哲学是有道理的，是经过实践考验的，是最科学的。马克思主义的核心就是辩证唯物主义。它联系到各门科学就产生了各种科学的哲学，这些大家已经知道。例如，自然辩证法是自然科学的哲学，历史唯物主义是社会科学的哲学，等等。它们都要有哲学的概括，最后综合起来再概括就是马克思主义哲学，这就是我常宣传的现代科学技术的体系。马克思主义哲学是现代科学的最高概括。我们研究地理科学也必须用马克思主义哲学来指导。指导并不是说马克思主义哲学就僵化了、凝固了、不动了，变成经典了，不是那个意思。一方面，它指导“地理科学”的研究，另一方面，地理科学的研究、发展又概括出地理科学的哲学，反馈到马克思主义哲学，以发展、深化马克思主义哲学。这一观点我也宣传许多次了。现在，同志们学习十二届六中全会《中共中央关于社会主义精神文明建设指导方针的决议》，我以为我刚才讲的是符合《决议》的精神的。

二

最近，我还有一个想法，今天说一下。现在很多地方讲要发展智力，发展创造能力。我想真正的创造能力来源于什么呢？现在研究这个问题的很多，有许多“窍门”，也称“窍门学”吧。天津有一本花花俏俏的很有趣的杂志，叫《智力》，是教你各种各样的窍门的。这在国外也很时兴，什么包教包会，包你三周内会说西班牙语等等，我觉得这样教，即使能讲也是结结巴巴的，也许人家能听懂，但绝对不是高级的、漂亮的西班牙语。这种事情在国外很多，他们很发达，确实有这个需要，教你一个技巧。这种教育是否需要呢？我觉得也要。但是，它不是教人们如何能够进行真正的高级的创造。中国有句古话，“大智若愚”，就是某个人确实有很高的智慧，但看上去倒像个“傻子”，因为那些小窍门的事他不想去做。在座的同志都知道，达到 20 世纪科学最高峰的著名物理学家爱因斯坦，他在小学、中学直到大学的学习并不十分突出，这就是“大智若愚”。所以，人的智慧是什么呢？我觉得，人的智慧就在于真正掌握了客观世界最基本的原理，只有这样才能站得高，看得远。今天，我们中国人很幸运，因为我们建立了马克思主义哲学是科学的最高概括这样一个观念，我们要取得最高的创造力、最高的智慧，就应该学习马克思主义哲学。

今天讲这句话，在座的不一定都同意，但是我劝同志们想一想这个问题，过去许多年，我一直讲这个问题，对中青年讲了许多次，我是碰壁的。我说大家必须学习马克思主义哲学，

科学必须用马克思主义哲学来指导。我看得出，由于我的年龄大，对话的人不好意思直接反驳我，客气地点点头，其实心里没服。不服的原因我也清楚，无非是说，资本主义国家不是没有马克思主义嘛？不是也搞得不错嘛！但是，我还要说，今天我提到更高层次上说，人要有创造性，最高的创造性，要有真正的智慧，必须要有马克思主义哲学。道理很简单，因为这是人类知识最高的最正确的概括，你掌握了这个最锐利的工具，当然会站得高、看得远。

三

如何建立地球表层学这门科学？我觉得要建立地球表层学这门理论科学，我们一定要运用系统科学的理论。系统科学也分为三个层次。系统科学也是从实践的需要发展起来的，所以它直接改造客观世界的那部分发展最快，即系统工程。系统工程的理论，即应用理论，发展也比较快，诸如运筹学、信息论、控制论、大系统理论等。在这些系统科学基础上再概括，真正建立系统科学的基础理论——系统学，现在正在努力。这次讨论会的论文摘要集有一篇西北大学地质系张金功同志的文章，涉及到用系统科学的方法来考虑地学问题，这是对的。但是，系统学作为一门学科正在形成之中。这并不是说没有材料，材料是很多的，只是还没有形成完整的学科体系而已。这些材料有以下几部分：

(1)巨系统理论。巨系统理论的一个很重要观点，就是层次观点，层次结构的观点。而且层次具有一定的功能，或系统

运动的性质。这些性质或系统层次的功能是与组成该系统的子系统的功能是不一样的，这很重要。整个巨系统又是由许多层次构成的。每个层次都有其功能的特点，很重要的特点就是，这样一个系统的功能不是组成该系统的部分系统所具有的。这是否可称之为辩证法？即由量变到质变。许多系统组成在一起，它的功能就与每一个组成部分的功能不一样。

(2)巨系统结构。如何组成巨系统的层次、结构？这一结构是受环境影响的，它也不是固定不变的，外界环境发生变化，其层次结构也会发生变化。这一方面的学问就是H.哈肯教授创立的“协同学”。这对建立地球表层学具有重要的参考价值。

(3)以前，系统科学理论认为，系统内会出现有序化、有结构。有一个耗散结构理论，用熵流的概念来解释有序化。但是，近年来又出现了新问题，就是系统是可以出现有序化、形成结构，但也可以出现另一种现象，就是浑沌。浑沌看起来好像是无序的、杂乱的。这就比耗散结构理论更深刻了。对这一问题，今天在座的叶笃正教授给我们上过一次课，他讲气象就是浑沌。我们对气象是很关心的。叶笃正教授对我讲，外界对大气的输入，影响变化并不大，仅有昼夜的变化、四季的变化，但是气象却是瞬息万变的，如何解释？这种现象的解释就是浑沌。环境没怎么变化，系统内部却变化很快，似乎是一件怪事。流体力学中的湍流时刻不停地在变化，外部边界条件并未变化，而内部就自己变起来了。这种现象是非常重要的，也就是这些浑沌看起来好像是混乱的、非决定性的，但它并不是非决定性的，而是决定性的。如果你把时间分得很细，它还是决定性的。假如气象是非决定性的，那么我们的气象工作者就没法预报

了。但是，气象还是可以预报的，可以预报就是决定性的。然而不能将时间放得很长，时间越长就越难预报，长到一定程度就没法预报了，这就是浑沌。用这一观点方法去观察研究地球表层的现象，浑沌现象就很多。论文摘要集中，由任振球、张国栋、徐道一和徐钦琦四位同志合写的文章“多尺度异常事件的群发现象及其宇宙环境”，我认为那里谈的就和浑沌有关系。另外，这次会议谈到很多“灾变”，也可能与浑沌有关。

所以，我提出地球表层学这门学问要用系统学的一些成果。这些问题请大家认真思考一下。最近，我国出版了两本书，我把它们推荐给大家。一本是诺贝尔奖金获得者I.普利高津著《从存在到演化——自然科学中时间及其复杂性》(科学出版社，1985)。另一本是由普利高津和助手尼科里斯合著的《探索复杂性》(四川教育出版社，1986)。这两本书谈到的是系统科学理论的最新成果。建议大家学习学习。同志们可以将系统科学和自己所研究的东西结合起来、系统化。我认为，这两大厚本《第二届全国天地生相互关系学术讨论会论文摘要》是“零金碎玉”，仍然是点滴的东西，还没有捏合在一起，形成强大的学问。我们如何将这些“零金碎玉”汇聚成真正的珍宝，这珍宝我认为就是“地球表层学”，我们要用刚才我所说的系统科学的方法来建立这门基础科学。大家如果能将天地生的研究与系统学的研究两者结合起来，我觉得那将是一件了不起的事情。我们就是要建立起和人类、社会的发展有密切关系的“地理科学”的基础理论——地球表层学，这个建议是否正确，请同志们讨论。

四

对开展工作的建议。以下建议也许不合适，仅供同志们参考。

1. 两次天地生学术讨论会，确实收集了很多方面的材料，这就非常重要，这些材料在过去往往不被重视。但是，这方面的工作是否可以广阔一点。这次会议的论文摘要内好像没有涉及到“地震云”，这是否是一个重要问题？为什么我会想到地震云呢？因为我想到了天外来客——“飞碟UFO”，材料很多，我认为“飞碟”不是天外来客，它就是地球上的东西，也是我们天地生的一种现象，也可以考虑。“飞碟”和“地震云”一样，材料很多。另外，《科学美国人》(1980年，8期80页)有一篇文章说在澳大利亚南部6.8亿年前的前寒武纪沉积岩中发现了类似树木年轮的纹。在有人类记载之前，人们不知道太阳黑子的活动情况，直到近100年来才注意到太阳黑子的活动和变化。而现在在6.8亿年前的沉积岩中保存了近两万条纹，其意义是重大的。这给我一点启发，就是搞天地生研究，除了古书记载外，还要到广阔的领域中去收集资料。

2. 建立地球表层学，就必须进行理论分析，我在前面讲的理论分析的观点，材料并不完善，还应该不断地吸收系统学的新成果，要进行讨论，像今天这样大规模的讨论会有好处，也有不足。不足处就是时间相隔太长，两届间隔了三年(第一届在1983年11月，第二届1986年11月)，这样太长了。此外，我们还要多举行一些小型的讨论会，最好每周一次，而且是请

各家发言，集各家之精华。我觉得北京地区可以搞一个这样的组织。

3. 在中国搞纯理论研究是不行的，要想得到资助，就要解决社会主义现代化建设中的一些重大问题。现在有许多问题需要解决，如地震、气象、水资源等都是一些很重大的问题。天地生综合研究，只有解决一些具体的实际问题，才能得到国家领导人的支持，事情才好办。

最后，我认为我们做的工作是重要的。如果我们真正能把刚才讲的做起来，那么，对科学的发展又是一个极大的推动。因为，它要解决的正是人类社会所面临的重要问题，因此，它的影响是深远的，对社会主义现代化建设有着重要的作用。

关于地球表层研究的一些看法*

黄秉维 （中科院、国家计委地理研究所）

数年以来，钱学森同志不断提倡建立地球表层学，语重心长，期望殷切。他不是专门研究天、地、生的科学家，却是见闻甚广，博学多思的科学家。我觉得他有点像在天地生领域上回旋的苍鹰，具有搜索追击移动目标的本领，一发现目标，即疾下猎取。他不受天、地、生行业的束缚，看问题比我们株守于一个学科的人更敏锐、更准确。在他的启发下，我也曾想过不少有关问题，但都不成熟，不明确，不打算在大庭广众中谈。学森同志一定要我谈，只好献丑抛砖，过了一定时间以后，还可能自己否定自己。如果能由此收到引玉实效，也可以算是好事。

对学森同志的意见，我有三点体会：(一)他所考虑的是人类及与人类生活、生产和其他活动有关的自然界。至少在较近的将来，人类是生

* 选自中国科协三届二次全委会学术论文，1987年3月。

息于地球表面的。他认为与人类有密切关系的自然界不是一个面，而是一个层，即他所说的地球表层。在此层中的事物互相关联，形成一个巨系统。（二）要用系统工程、系统学的方法来研究这一巨系统。（三）要提出一些有重要意义的研究课题。以下拟就这三点，谈一些很不成熟的看法。

一

分科愈细，综合愈重要。我认为这是放之四海而皆准的真理。大多数人都会在自己的生活和工作中有意识地或无意识地逐渐体会到这一真理，就地球表层来说，更容易体会到这一真理。体会和承认是一回事，建立系统的知识是另一回事。自然而然地建成一门科学要经过很长时间。积极地播种培育可以大大缩短生长发育过程，但也需要多年辛勤劳动，才能集腋成裘。

在地球表层中，人类的祖先、其他生物及非生物因素互相作用，处于平衡的状态。自人类能制作工具和用火，便潜育着打破平衡的因素。在 1 万年以前农业兴起的时候，全球人口只有 500 万左右。距今 2000 年前也不过 2 亿，影响还不大。1850 年增至 10 亿，1930 年增至 20 亿，1975 年增至 40 亿，至今年突破 50 亿。人在其他生物之间处于明显的优势地位，并且不断地直接或间接改变着非生物环境。只有很少地方原来的自然界平衡至今保存不变。任何对自然界平衡的影响，都会引起变化，或迟或早建立新的平衡。新的平衡可能与原来的近似，也可能大不相同，对于人类社会可能有利也可能有害，可能利

多害少也可能利少害多，可能对此处有害，而对别处有利。人口在较近将来还会进一步增加，人的能量将无止境地发展，人类将更大规模地改变地球表层。1980年，美国政府出版局出版了一套《全球2000年：给总统的报告》(Global 2000 Report to the President)，对将来充满着悲观。1984年出版了一本由24位科学家编写的《丰富的地球》(The Resourceful Earth)，针对上述报告，逐条驳诘，得出了相反的结论。我对两方面的结论，都不敢苟同。有重要意义的是，在了解地球表层的基础上，能相当肯定地推论人为措施对一个客体施加影响会对其他客体产生什么影响；对一个地区施加影响，会对其他地区产生什么影响；今天的措施会在明天、后天产生什么影响。我们可以同时采取不只一种措施，可以先后相继采取不同措施。但采取措施，不能仅从科学技术着眼，还要适合社会经济条件，还要分析社会经济效益。社会经济条件和社会经济效益的研究存在很多难题。例如研究经济效益，计算完全成本和产品价值，由于现在的物价结构是不合理的，计算有很大困难。在有联合产品(joined product)的情况下，成本如何分摊，也很不容易确定。较翔实的数字，是必不可少的前提。估算将来效益，更不容易。如埃及阿斯旺工程的利弊得失，说法很多，大部分不尽翔实，以讹传讹。可靠的结论是：在石油危机以前弊多利少，以后便转为弊少利多。对此类变化行程，一般是不可能准确地预计的。预计自然变化也不简单。60年代初一本美国的工程水文学教本第三版(因书不在手边，作者及出版年份忘记了)序言中说：出问题的水利工程，十九是由于水文计算错误。水文计算根据30年、50年或更长年期的测值，即使降水重复

周期出现，地面变化也会使流量与过去统计有很大参差。按过去统计来预卜将来，刻舟求剑，当然是会引致失误的。从教训中体会到这一道理的人不少，但在实际工作中，清醒的以此来指导自己的思维的并不多。

地球表层的综合研究有重要意义。但必须明确：多学科研究不是综合研究，只有跨学科研究，融会贯通，才能算是综合研究。现在大学教育与研究机构，基本上还保持19世纪的传统，往往隔行如隔山，不同专业的科学家、工程师，思路、工作方法、词汇各不相同。例如，砂粒、粘粒等的定义，在土壤学、土木工程学、沉积学中便不一样，即使在土壤学中，不同派别也有出入。地质学家、土壤学家、地理学家、水利工程师等等，在工作中离不了大比例尺地图，气象学家、作物生理学家可能从未用过大比例尺地图。在所谓的综合工作中空间尺度不同，时间单位也不一致，往往为对比、寻求因果关系带来很大困难。各学科工作分别进行，一般只能得出一堆混合物，不是化合物。合在一起工作，开始时彼此缺乏共同语言，也只是乌合之众。不经过一定交流，仓促上阵，就不会收到众志成城的实效。要解决这些问题，需要在理论上、方法上、技术上做许多艰苦的工作。先从每两门专业之间架起桥梁，可能是比较容易的途径。这一步走通了，下一步就好办得多了，但这要等待许多年，不能以此作为唯一的途径。

取得具有合理准确性的数据，将空间、时间尺度及一些计量标准统一起来，要进一步对自然与社会经济的现象、过程力求知其所以然。举一个例子来说，我国有许多人计算气温10℃以上的积温，这是有一定意义的，但有三点是应当考虑

的。第一，彼此缺少应有的联系，有不少人以相同资料，用同样方法，重复劳动，人力浪费太多。我不知道有哪个国家的科学界像我国这样毫不吝惜地浪费人力。第二，很多人罗列和应用积温数值，却很少人探索积温和气温与植物生长、发育的关系，研究这一关系的实质。第三，温度与热量有密切的关系，却是不同的概念。对植物有影响的是温度，不是热量，计算积温也是根据气温数值，却把积温称为热量资源。英国门体夫(Monteith)是研究生物物理环境并作出重要贡献的科学家。他说，由于计算机的发展，计算很方便，有许多人滥用统计方法，对事物缺乏科学了解，随便计算相关系数，活像在黑夜里捉黑猫。数据不准确，缺乏科学指导，乱算一气，偶然找到了较高的相关系数，反而可能因此误入歧路。在 60 年代至 70 年代，欧美各国地理学都或先或后发生了所谓"数量革命"(quantitative revolution)。原以为这就能使地理学完全改观。近 20 年的经验说明，数量革命并没有使地理学的困难涣然冰释。问题不在于要不要用数学方法、系统工程、系统学方法，对这个问题的答案应当是肯定的。就我看到的一些工作来说，主要缺点在于缺少将人文现象与自然现象结合起来。许多人文现象的空间和分布的分析脱离了具体的自然界。在自然地理研究中，一方面不少分支由于引用了系统概念和数学方法而取得了进展，另一方面，使各分支之间的联系削弱了。我认为主要问题在于在什么条件下用，如何用。目前效果不显著，不等于不会取得显著的效果。有必要花一些力量去吸取国外的经验教训。这对于我们朝正确的方向前进，少走弯路将有很大助益。

1986 年 12 月的地学杂志(GeoJournal)刊载的沙士特里(F. di Castri)等的文章指出:在 60 年代后期至 70 年代,跨学科研究曾有过一个兴盛时期,近年以来又趋于衰落。资助机构和科学家的信心都减弱了。这丝毫无损于跨学科研究的重要性、必要性,问题出在有关科学家未能把工作做好。我们应当吸取国内外的教训,结合我们的情况,慎重地考虑建立地球表层学或开展地球表层综合研究,在航程中会遇到哪些暗礁,如何绕过暗礁,沙氏的文章有不少地方可资借鉴。

二

现在在我国进行中的综合研究可以包括于地球表层研究之内的至少有以下 6 个领域。

1. 地理学的传统研究对象是作为人类居住场所的地表(earth's surface as the home of mankind)或作为人类生境的环境(environment as the habitat of man)。第二次世界大战以前,有人主张改称它为人类生态学。1939 年有人主张地理学是研究地表分异的科学。第二次世界大战以后,有很多人认为地理学应该是研究人与地的互相联系,即人—地系统的科学。这几条提法实质上是互相补充的。但地理学家的工作有一些还越出上述定义的范围。自然地理学与人文地理学是地理学的两大分支。自然地理学在战前曾被称作研究陆界、水界、气界与生物界相互关系的科学。由于每“界”的研究日益发展,“相互关系”的研究显得停滞不前。战后苏联地理学界提出自然地带的周期律(以地表辐射平衡为经,以降水与辐射平衡比

值为纬，划分自然地带)，并按此区分地表为若干单位，分别研究几个“界”之间的物质能量交换。随着又有“地理壳”一词，包括地表上下一定空间(一般上限为对流层顶部，下限为地下水分布深度或采矿深度。上下限都不是一成不变的，可因所研究的问题而改变)。在此范围内，各“界”之间物质能量交换最活跃，与人类生活和生产有密切关系。这与“地球表层学”相近似。自然地理学的对象是自然界，这与地球表层学不完全相同。但在原则上自然地理学研究不应该是纯自然主义的，更不能不包括人对自然界的作用，所以可以说“相近似”，却还不能说等同。自然地理学又有许多分支，跨越分支的综合性工作的进展很慢，比它的各分支慢得多。在中、西、北欧，70 年代中期以前，几乎只有各分支的发展；在美国，连各分支也日益衰落。人文地理与自然地理互相脱节更是各国共同的趋势。近 10 年间这些偏向才逐渐得到纠正。但从大多数工作来看，或失于太浮泛，或失于分割太细，仍然没有根本改过来。

2. 生态学研究生物与环境的关系，对象全在地球表层，近 40 年间的主要研究对象是生态系统的结构与功能，与苏联科学家所说生物地理群落与环境的物质能量交换是一回事。毫无疑问，这是有很重要意义的，当然也属于地球表层研究的范围。由生态学研究所得到的若干概念，如发展应保持生产力历久不衰、保持是自然资源管理的主要环节、连结在一起构成生物圈的系统是互相依存的、生物与其所处的条件相适应，等等，已成为许多人的常识。近年以来，研究工作也有不少进展，却作用不大。较精确较深入的研究又多分散进行，不能综合起来发生作用。走马看花，浅尝辄止，往往提不出积极的建议，缺

少预见的能力，因而在西方被称为悲观的科学、否定的科学。对客观要求来说，生态学与地理学都同样需要改进和提高。

3. 自然资源研究主要是研究自然界中物质和能的利用和保存，对象亦全在地球表层，与生态学、地理学有许多交叉重叠，但不能在它们之间划等号。凡是成为系统的知识都可以算是一门学科，虽然国际上还没有自然资源学这一名词，在实质上它是一门应用科学。作为这门科学的基础是一系列自然科学、应用科学、社会科学的成果，在此基础上，它的核心是驾驭这些资料的观点和方法。在资料不平衡时，如何弥补，也应当是它的重要内容。

4. 环境研究有狭义和广义之分。狭义的是消除和避免环境污染，广义的就包括一切与人类生活和活动有关的环境，这与地理学的传统定义相同。大多数环境问题都是生态学问题，也与自然资源的利用与保存息息相关。研究对象当然都在地球表层之内。但无论如何，还是不能在它们之间划一等号。环境研究主要是发现问题解决问题。例如将工厂废气收集起来，加以利用，在环境研究中非常重要，生态学、地理学干不了这种工作。美国 Johns Hopskins 有一个地理学与环境工程系，这名称就体现了两者之间的联系与差别。在国外，环境科学这一名词的使用已相当普遍。就我所知，还未建立起一个成熟的体系，其趋势应当是成为一门应用科学。

5. 国土整治研究，在不同国家名称不同，内容不同，而且不同时期不一样，所涉及的范围很广泛，参与工作的专业很多，但其对象仍然在地球表层之中，以上四个领域基本上都可纳入这一大口袋内，在此大口袋中还有别的东西。

6. 地圈、气圈相互作用研究，原来名称是地圈生物圈相互作用研究，其内容是研究地表对大气的影响和大气变化对地表的影响，所以把它改为地圈气圈相互作用。有关这一课题的研究已有近 30 年的历史，愈研究问题愈多。1984 年，国际科联认为必须由有关学科组织起来进行综合性研究，大约要花十几年时间。研究范围有一小部分涉及平流层，也可能要涉及地壳变动、火山爆发等，基本对象仍在地球表层中，全都与上述五个领域相呼应。因为研究所指向的目标，可能在不太远的将来对人类有很大影响，所以有许多科学家和公众很重视这一问题。

以上六个方面关于地球表层的综合研究虽然目的不同，但有许多基本内容是相同的，例如它们都不能不包括太阳辐射、水、大气成分、社会、经济，等等，几个方面之间的关系不仅仅是外沿叠合的关系。目前在我国，这些工作分散在不同机构、不同集体进行，在科协系统中，也分为许多学会、研究会。如能适当地联系起来，可以事半而功倍。在六个方面之中，地理学、生态学是基础科学，自然资源、环境、国土整治是任务或应用科学，地圈气圈相互作用是有明确应用目的性的基础研究任务。完成任务有助于学科的发展，学科发展有助于任务的完成。学森同志最初提出要建立地球表层学，我在思想上徘徊踌躇了好些时间，后来才觉得这是有道理的。现在我赞成有意识地建立研究地球表层这一巨系统的学科，但至少在一定时期内，不宜因此打乱现有任务的进行，不宜因此干扰现有学科的发展，却必须采取积极的步骤，切实地开展工作。地球表层学建立起来了，新的科学分工、科学体系就会自然而然地产

生。也许地理学、生态学各有一部分成为地球表层学内容的一部分，自然资源环境和国土整治研究等成为应用地球表层学内容的一部分。这些问题远远超出我想象力，现在谈不出什么具体意见，当与有关同志一起共同努力，希望在较近将来，粗绘一个轮廓，以供讨论的参考。

研究地球表层巨系统当然还要与地貌学、大气科学、水文学、表生地球化学、自然地质学、沉积学以及一系列生物科学贯穿起来。打仗"兵要精，武器要好，队伍要整齐，步调要一致"。这些科学各有其传统，要做好横的联系，就得做很多工作。

系统论、系统工程、地理信息系统、遥感遥测都是综合研究地球表层的重要条件。目前在科学比较先进的国家中，地理学、生态学相对于社会的要求，相对于其他学科，都比较落后，有危机感，问题在于综合性工作比较难。他们也应用这些条件，仍然不能摆脱困境。如何利用好这些条件，需要有关专家帮助，参加到工作中来。

现在有许多与地球表层有关的工作，工作方式大抵可分为区域考察与在一个地点的试验观测。两类工作都要做好，而且要结合起来。

在目前，要深入提高，首先要做好点的试验观测。区域考察只能看到一天至几天的情况，年内变化、年际变化都无从了解。有不少地方有常规气象水文观察，向当地居民调查也可能得到一些有关变化的信息，但太粗略了。没有点的试验，得出一些参数，了解一些自然过程的规律性，区域考察所能提出的东西，只能是浮泛的，带有很大不确定性的。我国点的试验工

作基础很薄弱，大多数只是经验性的。所有仪器和方法得不到准确的数据，观测项目也够不上“周到而必要的侦察”，由此得到的推论基本上是猜测。在国外，点的工作有不少零金碎玉，但顶多不过一二人三数人研究一个题目，持续的时间很短，to know more and more about less and less 的 reduction isn't approach 较多，而比较综合性的、包括一个亚系统主要因素的工作很少。不能完全否定这些研究，却应当有一些将零金碎玉集腋成裘，具有合理的精确性和综合性（在现在，精确性不可能很高，综合性也不能无所不能无所不包）的试验观测，按需要确定连续观测的时间。中国的试验工作比较落后，应该总结提高，地区考察方法也如此。点的工作如何推广到面上，更是值得注意研究的问题。

关于地球表层有些现象如风化作用，非风沙区的风力土壤侵蚀在我国似乎还没有人从事研究。华南引种木麻黄很多。木麻黄能固氮，我却未看到过一个固氮量的测值。能固氮就能在缺氧土壤中生长。对此懂得的人很多，但不知道是否有人考虑过如何利用这一特点。通过讨论，提出无人问津的空白点，汇集起来，分别轻重缓急，提出建议。这对国家建设和地球表层研究都是有意义的。

三

学森同志在全国第二届天、地、生相互关系学术讨论会的讲话中要求提出几个实际问题。这一要求具有关键性意义，我拟响应他的要求提三个课题供大家参考：(1)华南坡地利用与

改良，(2)解决华北水源短缺和黄河隐患的一个途径，(3)西北干旱区开发的几个重要问题(具体内容暂从略，以后补写或口头报告)。

要区别"地球科学"和地球表层学*

钱学森

我要讲的不是再次宣传地球表层学，因为这个已经讲过了。今天在座的一些同志对地球表层学还要发表好的意见，我就不多说了。我要说的是地球表层学外围的一些问题。

一、"地球科学"要扩展为行星科学

不久前，接到一封信，是3月8日来自北京大学地质系孙荣圭副教授的。我先读一读他的信，然后再说一说我的意见。他在信中写道："您是中国139个科学技术学会的领导(钱：科协并不代替学会)。但是，您是否注意到其中不包括

* 1987年4月16日在地球表层学学术讨论会上的发言。原载《灾害学》1987年第3期。

地球科学学会。地球科学或地学在古代是一门内容广泛的学问，在过去200年中，分成多种学科，并在科研、教学和学会组织上充分地体现出来了。新概念“地球科学”虽已提出了30年，但只有像美国这样的国家，才在大学和科研机构上明确地体现，如麻省理工学院和加州理工学院（钱：英文名字都是州States，我们不知道怎么回事，把麻萨修斯作为省，加利福尼亚叫州。我们习惯了，没办法了，老说麻省理工学院、加州理工学院；其实是麻州理工学院、加州理工学院）经典的地质系、地理系已不存在，由行星和地球科学系取代。在加拿大虽然地质学系还存在，但内容已更新。在中国科技大学的地球和空间系，其内容和水准都不能与美国大学相比，它实际上在很不成熟的背景下成立的。因此，在地球科学内部各学科分与合的问题上，美国以合为主，中国维持分的状态，加拿大属于中间态。

目前，国内文理结合、天地生交叉的议论虽然不少，也有一点行动，但是并没有多少实质性进展，而且在短期内未必会有重大的收获。

应当提到日程上的是地球科学内部各分支的交叉，这不仅是必要的，而且是迫切的。迄今至少有25个学会应属于地球科学范围，它们之间联系甚少，而且有的越来越少。然而，当今地球科学的重大课题大多需要多学科的协同完成，这就提出了一个问题：学会无限制增多，对我国科学技术发展是利是害，是促进交流还是妨碍交流，我想对于这个问题，您最有发言权（钱：大家都有发言权，不是我有发言权）。

这些事情从下而上相结合更有希望成功。最近，我们几个所见略同者商量，拟以促进地球科学走向联合为目标，以北京

大学为基地，开展一些有实效的活动，希望到本世纪末，在中国出现名符其实的地球科学研究院、大学地球科学系和中国地球科学学会或者协会，我们认为这是中国地球科学发展的必然趋势。我们愿意当促进派。

不知此意是否与您从上而下地鸟瞰视野相协调？（钱：不敢当）”

我复了一封信，复的信很短，那时我刚从国外回来。我说：

“三月八日信收读。

‘地球科学’应不应该建立，如何建立，这都是由学者同行自己议定的问题。中国科协当然根据大家的意见行事，为大家服务（钱：这就是说，科协不是命令，而是根据大家的意见行事）。

我个人能够想到的是地球表层学，也就是天地生与地理、经济的综合。不知道地球表层学是不是属于‘地球科学’的？请教。”

我是 4 月 4 日复的信，后来想了想这个问题，今天提出来向同志们请教。孙荣圭教授提的“地球科学”，他举了美国麻省理工学院和加州理工学院的例子。麻省理工学院我不太清楚，加州理工学院我知道的多一些。加州理工学院设置的确实是行星与地球科学系，那个内容好像跟孙荣圭教授提的不大一样，因为那个内容是自然科学性质的。实际上，与美国国家设置在加州理工学院的喷气推进研究所的工作有关系，是研究行星的，所以叫行星与地球科学系。

由于航天技术的发展，人们可以仔细地来研究行星了。实际上不只是行星，行星的卫星也可以仔细来研究。这是最近

20 年一门很热闹的新兴学科。去年,美国把它的探测器送到天王星附近,头一次得到关于天王星的材料,大概明年还要到海王星。

去年,欧洲把一个叫 Giotto 的人造卫星探测器送到哈雷彗星附近,他们自以为很了不起的。这一次我在西德,他们专门弄了录像给我看,还很有戏剧性的,从画面看到人越飞越近,近到哈雷彗星最近的地方。从前也不知道哈雷彗星的仔细情况,这一次探测的距离比较近,最近才2 500公里,所以对哈雷彗星的形状、表面状态都有所观察。

所以这是一门急速发展的科学,是由于航天技术的发展,太阳系的探测器的发射,遥感技术、信息处理的使用。我想是不是有这样一门学问,不叫“地球科学”,叫行星科学,因为研究范围远比地球广阔。它的研究对象首先是行星,是九大行星和卫星,还有从火星到木星之间的一大群小行星,已经测到的数量就有几千,再小就没数了。然后是彗星、陨石。这么一些太阳系里的天体要加以研究,不光是研究地球,这样就扩大了视野和研究的范围,我们的研究可以深入。正像不久以前,宣布了一个结果:地心的温度6 000多度,比太阳表面的温度5 000多度还高。我觉得,这类研究属于天文学和地学之间结合的东西,或者说地学上了天,天文学下了地。这是一门大科学,是由于航天技术的发展推进的,今后可以做的事情很多。欧洲科学家做这方面工作的积极性很高。

说“地球科学”,就研究地球,视野恐怕小了一点,不能用多方面的比较、对比方法来开阔我们的视野。我们研究其他行星,也就可以使对地球的理解更深入。对地球的理解更深入,

也就可以促进其他行星研究。这样扩大了视野，孙荣圭教授写的《地质科学史纲》，还有海洋出版社出版的《天文地质学进展》，都属于我刚才说的范围。

我可以加一句，我们国家也具备参与这些工作的技术基础，运载火箭、探测技术这套东西我们现在掌握了。条件是可以的，就看我们中国的学者怎么看这个问题。我们认为该搞的话，可以向国家提出来，来开展这方面的工作。行星科学的研究对象还是自然界，所以是一门自然科学，不过是自然科学中的一门新生交叉科学。

我是得到孙荣圭教授意见的启发而提出来的，请大家考虑。我的意见与孙荣圭教授不大一样，因为他说把所有地学包括地理学、地球科学都概括起来，我认为那样好像不一定合适。所以我复信问，地球表层学是不是属于地球科学？我们想想，不是他讲的那回事。有一门新的自然科学，叫行星科学而它不包括现在我们说的地球表层学。

二、地球表层学是自然科学和社会科学的交叉学科

我又收到一封信，这封信是在美国衣阿华大学的留学生楼宏同志写的。我读到的这封信是这样的：

"作为海外学子，我很高兴地在人民日报(海外版)上读到了您有关地理学发展的论文摘要(原载《大自然探索》)。

我于 1982 年获得理学学士。1984 年赴上海参加出国选

拔考试(TOEFL 及 GRE),同年接受了衣阿华大学(University of Iowa)研究院颁发的‘国际奖学金’。现我在该校地理学系攻读区域开发/区域规划博士学位。对照中、美地理学发展现状,我深深感到您的建议很及时。中国地理学面临的一个重要问题是:地理学现代化、科学化——怎样把地理学从‘描述型’向‘分析型’、‘科学型’转变。这方面美国的经历值得借鉴。

50年代以前,美国地理学仍以描述、描绘为主。那时,地理学家中盛行一种‘排外主义’,即认为地理学方法论有它的独特性,不能为其他自然科学方法所代替。1953年,衣阿华大学地理学兼经济学教授 Schaeffer 在美国地理学者协会会刊上发表了题为‘Exceptionalism in Geography: A Methodological Examination’的论文。在这篇著名的论文中,Schaeffer 博士(德国人)首先批驳了欧美盛行的地理学‘独特论’;他语重心长地指出地理学与其他学科一样,都是寻求人类或自然界的规律的;因此应当尽量引进其他自然科学(包括统计学、物理学等)的研究成果,把它们应用到社会地理学的研究中去。这篇文章开始时受到冷落;但10年以后,它成为地理学研究生必读的论文。受到这篇文章的启示,西方在60年代末及70年代初开始了一场轰轰烈烈的计量革命;计算机、卫星图片、统计学、系统科学普遍地被用来进行定量的地理分析。这些分析工作包括人口移动、城市规划、交通系统分析、环境保护及国土规划等。与此同时,地理系注册研究生大幅度增加,地理学家担任了一些大学跨学科研究中心主任(如国际研究中心、城市及区域研究中心、东亚研究中心、交通系统分析

及环境研究中心)。

衣阿华大学有‘美国中西部的雅典’之称,学术风气较浓。您的同事、美国火箭推进的权威 Van Allen 院士也在这里工作。但是,我深感遗憾的是在这个校园中,中国的影响还是较小的。在美两年中,我没有看到本系任何一个教授引用中国地理学的著作作为教材或参考书;查阅图书馆的中国《地理学报》,发现大多数文章比较空洞(特别是人文地理方面),缺乏分析及定量研究。要使中国地理学赶上世界水平,留学生可以起到重要作用。我本人非常愿意在沟通东西方地理科学交流方面作出贡献;但目前深感‘报国无门’,不知从哪方面开始着手做才行,因此,我非常希望钱教授在这方面给予指导、帮助。谢谢!

我将于今年 5 月份陪导师 Honey 博士访问中国,顺便做些中国城市系统方面的研究。Honey 博士将去新西兰作访问教授半年。”

楼宏同志信中说的是地球表层学。我们这个地球表层学的概念不比美国人差,比他们还先进一些,正像黄秉维同志在中国科协三届二次全委会上讲的,他认为地球表层学最重要的一点,就是将自然科学与社会科学结合起来。这个观点我很赞同。

地球表层学不完全是自然科学,因为要涉及到人的社会,人的活动,所以它也是社会科学;但是这种社会科学又不是纯粹的社会科学,还要受地质、气象环境的制约,所以它又跟自然科学有关系、跟经典的地学也是有关系的。地球表层学是一门综合了社会科学和自然科学的学问。

我很同意黄秉维同志讲的这个观点。我们也请他来参加我们的学术讨论会了，将来他会讲到这个观点，他将比他在中国科协全委会上讲的更发挥一些。楼宏同志在美国看到的情况，由感而发，我想我们搞地球表层学的同志是会同意的，支持他的。

自然科学和社会科学结合起来搞地球表层学，是我们建设有中国特色的社会主义非常重要的一门学问，要加以研究。不然的话，要犯错误。这不是危言耸听，现在已经出现了很多很多问题，水土流失、水资源问题、长江变黄河等。

我也觉得地球表层学要研究的东西超出了天地生内容。天地生讨论会相当大的是集中在灾害的问题，灾害当然是重要的，但是地球表层学要讨论的不限于灾害，问题要大得多。或者说灾害是突变性的东西，我们还要研究累积性、渐进性的东西。所以，地球表层学是一个非常重要的学问，它的范围比我们原来天地生讨论会讲得最多的灾害的问题还要广，请原来天地生的同志跳出老框框，进入大世界，建立并发展地球表层学吧，不要还抱着天地生不放！

最后，我还有一个小的建议，最近收到一个刊物，是西安出版的《灾害学》。中文叫灾害学也可以，底下注的英文名字不太学术化，叫"JOURNAL OF DISASTER SCIENCE"，DISASTER SCIENCE 不那么文气。我诌了一个文气点儿的"Journal of Catastrophology"，灾害一词应是 Catastrophe。这是一个小建议。我们在座的跟它有关系。我们中国人要出版刊物，用字用得高深一点。

和中国科协书记处书记刘恕同志的谈话*

钱学森

地理科学对于社会主义建设来说，是一门迫切需要的科学。我所说的地理科学是指自然科学与社会科学交叉，是科学建设社会主义所必要的理论。社会主义建设过程提出的问题很多，像资源利用、国土整治、发展战略等都涉及地理科学。地理科学不是一门学科而是学科体系。地学属行星科学，那是自然科学了，而地理科学则是社会科学和自然科学的汇合。如中国科学院地理所是科学院的一个研究单位，但同时也受国家计委领导，这点也说明地理科学涉及社会和经济，是与社会科学分不开的。

近几年我国科技界有奔自己课题的倾向，对国家建设的宏观问题考虑少了。现在明白了是什么原因，党的十一届三中全会的方针、政

* 谈话时间为1989年7月11日上午。

策、路线都是正确的，但在执行过程中有了差错。现在召开了十三届四中全会，一些问题都会扭过来。地理科学的发展也会遇到转机和机遇。

发展地理科学主要靠黄老等地理界的同志们，但科协能在组织协调上做点工作。我考虑有：1. 把科协所属与地理科学相关的学会、协会、研究会以及社会科学与地理科学相关联的学会、协会、研究会的有关人员组织起来，研究有关地理科学的概念，通过讨论要认识：为什么要建立地理科学（而不仅仅是地理学），地理科学对社会主义建设的重要意义在哪里。

2. 有了明确的科学概念，在此基础上组织一个联合的组织（类似工科联合会），定期组织研讨，在不断研讨中完善地理科学的概念，又会对国家建设提出很好的建议。最近小平同志讲到要进行中、长期规划，这应是地理科学所关心和要解决的问题。科协如能从这方面，花上两年时间协助把这件事做好，把地理科学的概念完善，使地理科学在国家中长期规划中起了作用，我们就算做了件大事。（刘恕同志：这几天我曾与地理界的同志们接触，大家赞成钱老的倡议，也受到鼓舞，认为：有了地理科学的概念，又有了一个组织，再有个具体项目，这样就可以具体验证理论，更好地发展地理科学。）很好，但提到具体项目要与国家计委商量。

关于地学的发展问题*

钱学森

我不是一个搞地学的人。今天，是中国科学院地学部第二次学部委员大会，我在这里发言，是班门弄斧了。但是，为什么我敢答应在这儿讲呢？那是因为我觉得我还是有一颗责任心。这几年我已经在一些公开的场合，讲了一些原来不觉得是地学，后来一想始终和地学有密切关系的话。如1983年我在《环境保护》刊物上，发表了一篇叫做"保护环境的工程技术——环境系统工程"的文章[1]。在这篇文章中我提了一个新词，叫地球表层学，后来又有了发展。两年之后，1985年在北京市组织的一个北京市规划和建设的讨论会上，我又讲了城市学要发展，数量地理学要发展[2]。又过了两年，到今年我在"天、地、生第二次讨论会"上更进一步了，说要发展

* 在中国科学院地学部第二次学部委员大会上的报告，原载《中国科学院地学部第二次学部委员大会文集》。

地理科学[3]。后来在天、地、生问题小型的讨论会上，我又讲了一些意见[4]。所以，从1983年到1987年，我这个外行讲了一些与地学有关系的问题，所以，我有责任向今天负责我们国家地学工作的各位学部委员当面汇报，讲一讲我到底是怎么想的，请求各位学部委员给以指教和批评。

一、关于地理科学

我想讲一下我所理解的地理的问题，也就是我所讲过的要建立地理科学这个部门。现在国外好像有很多议论，比如说，由R. J. 约翰斯编辑的《地理的将来》[5]这本书，这里面的作者大概英国的教授多一些，我看了以后，觉得很有意思。这些英国教授对地理很担心，说日子不好过，讲了很多情况。我想，地理是自然科学和社会科学汇合的科学部门，地球是一个物质基础，人在地球上活动，最终决定这个活动的结果的，还是社会的因素，所以社会制度有很重要的关系。英国——“太阳不落的大英帝国”，现在是不行了。他们在这本书里讲了一些从前他们在兴旺发达的时候，也就是200年前大英帝国了不得的时候的情况。那个时候当然需要地理，地理很发达，现在大英帝国没落了，所以英国政府不怎么支持地理工作。实质上我认为是这样一个问题，在资本主义国家一涉及到社会，问题就说不清楚了。所以，地理在英国，在美国不怎么发展，根源在他们的社会制度，整个世界历史的发展，决定于社会的因素，他们没有用科学的社会科学，所以就说不清楚。还有一点，这些地理教授们没有怎样接触系统科学，所以对于今天这个

世界的结构，社会的、国家的、地区的结构，不能用系统学的观点来看，这也是在他们研究这个问题时看不清楚的原因，因此，他们总觉得不知怎么办。我看了这本书后，了解了资本主义国家发展地理科学确实有困难。

但回过头来看看我们国家，情况就完全不同了，我们搞社会主义建设，我们国家处在社会主义的初级阶段，提出的问题很多。像各个地区、各个行业都在研究发展的战略，它们都要涉及到地理，因为人生活在地球上或者说基本上生活在地球上。所以这些发展战略的研究都涉及到地理科学。刚才涂光炽同志和孙鸿烈同志都讲了，这次会主要讨论的问题是给国家做咨询工作，两项议题，一个是黄河的整治，一个是海洋资源的开发。这样大的问题，在我们地学部研究，可见我们地理科学就是要解决这样一些问题的。刚才孙鸿烈副院长讲了，科学院还设立了一个资源环境局，当然还有其他的科学局，与地学部有关。在我国，我认为地理科学这个概念，对于我们社会主义建设来说是迫切需要的一门科学。我们的情况与英美等资本主义国家的情况完全不一样，他们可以说地理科学的没落，我们是地理科学的兴起。

为什么我提地理科学而不是简单地称地理？或者说地学？因为我要突出讲地理科学是自然科学和社会科学的汇合，或叫交叉[①]。地学部有的同志告诉我，从前科学院的竺可桢副院长，他对地理的认识就是这样，他强调地理科学不完全是自然

① 我认为用“汇合”这个词会更好一些，就是两方面的学问凑在一起，因为这是建设性的。“交叉”好像是要打架，这不好。

科学，也有社会科学的成分。还有一点来说明这个问题的，就是中国科学技术协会现在的三届全国委员会的常委会就组织了好几个工作委员会，其中一个就叫促进自然科学与社会科学联合的工作委员会。这个委员会的主任委员是物理学家钱三强同志，他是中国科协的副主席，我们地学学部委员黄秉维同志就是这个工作委员会的成员之一，成员中还有好几位社会科学家，体现了自然科学要与社会科学联合。而且我也可以向同志们报告，这个工作委员会开过好几次讨论会，讨论的问题，要用今天的名词讲，就是地理科学的问题，如资源利用、国土整治等等的问题。还有一个证明，就是现在有许多新学科兴起，如国土经济学，就是地理科学嘛。国土那就是地理了，经济那就是社会科学了。还有经济地理那也是自然科学与社会科学的汇合了。现在还有一大门叫生态经济学，有地学的一方面，生物学的一方面，还有经济学的一方面。从组织关系上看，中国科学院的地理研究所，当然是科学院的研究所了，不过是科学院和国家计委共同领导的。国家计委是管经济的，是社会科学。所以，地理科学这个概念的提出是要解决我国社会主义建设中的迫切需要解决的问题，而地理科学必须是自然科学与社会科学的汇合。

地理科学不是一门学科，而是一个学科的体系，或者叫一个学科的部门。它要解决的问题，就是刚才说的，要为我们社会主义建设服务，所有资源、环境以及城市建设，各地区的建设问题，当然，要都解决。为我国的建设提出很好的意见来，地理科学工作者是起了很重要的作用，但不是单有地理科学就能全部解决。刚才孙鸿烈同志也讲了，还需要技术科学等许多

学科参加。但是,地理科学要解决这些问题,需要涉及到很大一个学科门类。我可以这样讲,地理科学,首先认识到除了刚才我说的直接为我们社会主义建设服务,还要强调,地理科学这个部门,还有跟社会主义精神文明建设有关的,就是一种文化建设。我曾经在1982年11月中央党校讲课时说[①],党校是培养高级干部的。现在高级干部怎样培养?我讲了六个方面,其中一个方面是说,我们的高级干部要对我们今天的世界有一个了解,要有个概念,那么今天这个世界的概念里,很重要的就是地理科学。要是说起个国家,不知那个地方的情况是不行的。党校必须有一个课程,实际就是地理科学。其实不只是高级干部,在国民教育中地理科学教育也是必不可少的。现在很多青年恐怕对于这个世界是怎么回事是不清楚的,这也是缺乏地理科学知识的原因。在今天这样的一个世界,做为一个公民,假如你对这个世界一点概念也没有,那你这个公民就当不好。我想讲的是地理科学对于我们社会主义建设,包括我们的社会主义物质文明和精神文明建设,是非常重要的。尽管国外有些人认为地理没有前途了,大有困难。但是我们社会主义中国,一定要强调地理科学是非常重要的。

我说地理科学是一门现代科学技术的部门,意思是说地理科学有一个体系,它可以分三个层次:最切实用的是工程技术这个层次。我认为地理科学在工程技术这个层次里是干实活的。那是些什么学问呢?像城市规划、环境保护、水资源、气

---

① 钱学森,研究和创立社会主义建设的科学,1982年11月2日在中共中央党校的讲话,1983年1月21日修改定稿。

象预报、地震预报、地区的发展战略都属这方面的学问，就是地理科学在直接改造客观世界的学问，工程技术性的学问。但是要干具体的活，要有理论来指导，因此，现代科学体系在更高一个层次的带理论性的叫技术科学。我认为在地理科学中，技术科学这个层次，像数量地理学、生态经济学、国土经济学，还有我自己提出的城市学。我认为城市学不是研究哪一个城市，而是我们国家的城市体系，比如北京，是全国的首都，还有特大的城市，天津、上海；还有很多大城市；然后是中小城市；最后到了集镇甚至小村子。这就是居民点的结构，我把这个叫城市学。这一类的学问，是直接用来指导我们进行具体工作的，就是工程技术性的学问也要依靠技术科学这个层次的一些学问来指导。我提出来的这些学问都不是新的，我只是给它排了排队。

现在我再提出一个问题，就是还有一门更上层次的基础科学，地理科学的基础科学是什么？就是我在 1983 年的那篇文章上讲的，叫地球表层学，这是什么学问？就是把人在地球上进行活动的这个区域进行系统的研究。地球表层这个词不是我新创造的，这是苏联早就用过的。

就是说到大气对流层的层顶，在极地的上空大概是 8 公里，赤道上空大概是 17 公里，平均大概是 10 公里，下界一直到岩石圈的上部，陆地上深下去 5～6 公里，海洋平均 4 公里，这样一个和我们人类活动直接有关的区域。重要的一个概念是，这个区域非常之复杂。但它是个开放的系统，不是封闭的系统：我们通过大气接受外面来的太阳光，同时，能量在地球上转换了以后，绝大多数又都放出去了。但是波长不一样，放

出去的波长长了。岩石圈的上部有地壳的活动，也有交换，有更深的东西上来，或者地壳的一部分下去。这些活动是经常的，这样一个系统是一个开放的系统。这样一个复杂的开放系统，从系统科学观点看，就大有研究的内容。它必然是自然地形成一个结构，这个结构是可以变动的，你要掌握了它的规律，就可以主动地来影响这个结构。对我们人来讲就是要干聪明事，不要干傻事。比如说，我听中国林学会的同志讲，我国林业的问题极为严重，要再这样搞下去我们自己将来要受罪的，现在是长江已经要变黄河了。现在我们水资源问题也是这样。所以我们要掌握这个结构和它的变化规律。而这个规律我们一旦掌握以后就可以干聪明事，不干傻事。这是一个非常重要的问题，对这个问题怎么样认识它，那就要应用系统科学的观点了。这么复杂的地球表层系统还包括生物，包括人，特别是人很重要。研究它的基本规律就是基础科学了。它是能够影响我们所有地理科学下面的技术科学层次和工程技术层次的基本原理。

我也必须说，这些想法也不都是我自己的。我与在座的前辈们接触不多，我接触的是一个中年人，就是原来在科学院地理研究所的浦汉昕，他大概四十来岁。他写了一篇东西发表在《自然杂志》上[6]，我看到了，我觉得他的观点有道理，我就和他通信，他就找我交谈，对我有很多启发。当然，最后我还要感谢在座的各位老师们，因为是你们教育了这位浦汉昕，我是从浦汉昕那里间接地接受了你们的思想，所以不是我的发明，但是我想了想就发展到地理科学的结构。地理科学是自然科学和社会科学的汇合，他有三个层次，有基础科学的层次，就是

地球表层学，还有技术科学的层次，还有工程技术的层次。这里强调的就是系统的概念，因为非常复杂，一定要用系统的概念。最近我也很高兴看到，我们科学院地理所的牛文元同志写的一本书，叫《现代应用地理学》，它里面用的就是系统的观点。

建立这么一门科学需要引用很多现代科学技术的东西，当然要吸取过去许多地学工作者的成果。我记得在60年代初，科学院在上海组织一次学部会议，那时我在力学所，所以和地学部的一些同志有接触，我就和地学部的同志说，研究地学的方法太老，是不是能现代化一些。我记得很清楚，那天晚上座谈的时候，地学部的同志们都说，你们太幸福了，你们都是用的现代工具，我们用的都是古老的工具。20多年过去了，我知道我们地理所用的工具还是很现代化的，卫星遥感技术都用上了，在今年还开了一次国际会议，讨论卫星遥感应用到地面测量上。这非常好，将来这一方面的工作是大有可为的。现在国外都发现，要研究地面的事情，最好的方法是在天上，非常节约时间，而且所得到的结果很准确。

二、地球科学、行星科学

地学除了我说的之外，是什么呢？有的同志称之为地球科学。我觉得在今天这个世界，你研究地球科学，还太窄了一点。按现在航天技术的发展，已经可以到太阳系各行星附近进行观察，似乎应该把这个题目扩大一点。当然我们主要是研究地球科学[7]，但我们可以吸取地球以外的东西把它扩大到行星

科学[8]。研究其他行星的问题供我们参考，特别是有一些行星与地球有些相像，还有行星的卫星，很多也与地球相像。火星和木星之间还有一大群小行星，那也可以研究。还有彗星、陨石都可以研究。把它归纳起来可以称为行星科学，目的是为了最后理解地球，把地球研究得更好。过去不可能有这个观点，因为只有地球是我们可以仔细研究的。现在不一样，现在可以利用航天技术发射探测器，这样我们就把眼界扩大了。加州理工学院就把地学部叫地球和行星科学部，这个方向是对的。

行星科学和地球科学是自然科学。既然这样说，行星科学或地球科学跟地理科学怎么分，这两个部分用时间尺度来讲就可以分得很清，地理科学时间尺度是比较短的，或者说地理科学的特征时间尺度是 10 年、20 年，而行星科学和地球科学的时间尺度是很长的。比一二十年长得多。这样两部分，地理科学是自然科学和社会科学的汇合，而行星科学和地球科学则完全是自然科学。当然这样的分类也不是绝对的，这两个方面还是有很多交叉的关系，比如说预报地震你要有许多地球科学的知识，气象预报也要对行星科学、地球科学有很多的知识，资源是地理科学中主要的问题，但资源是如何产生的，它的规律又与地球科学、行星科学有很密切的关系。说明是因为这两门学问的主导思想，注意的问题是不大一样的。

这几年我想的就是这些问题，从前也讲过，只是没有当着各位学部委员讲，也许讲错了，所以今天就大胆地向各位学部委员、专家讲一次。不对的，请大家批评，要是对的，就作为大家研究这个问题时的参考。

参 考 文 献

〔1〕钱学森,保护环境的工程技术——环境系统工程,《环境保护》第6期,2—4,1983。(此文已收入本书——编者)

〔2〕钱学森,关于建立城市学的设想,《城市规划》第4期,1985;《新华文摘》第9期,212—213,1985。

〔3〕钱学森,发展地理科学的建议,《大自然探索》第1期,1—5,1987。(此文已收入本书——编者)

〔4〕钱学森,要区别"地球科学"和地球表层学,《灾害学》(季刊),第3期,1—5,1987。(此文已收入本书——编者)

〔5〕R. J. Johnston, *The Future of Geography*, Methuen, London and N. Y. ,1985.

〔6〕浦汉昕,地球表层的系统与进化,《自然杂志》第2期,126—128,1983。(此文已收入本书——编者)

〔7〕萨根,C. 等著,张钰哲、王绶琯等译,《新太阳系》,上海科学技术出版社,1987。

〔8〕David Morrison, *Aviation Week and Space Technology*, August 10,1987,143.

现代地理科学系统建设问题*

钱学森

全国天地生相互关系学术讨论会开了三届。第一届是1983年11月,发起学会只有6个;第二届1986年11月召开,发起者有11个学会;这次是第三届,发起者增加到14个学会。三次会一次比一次范围广泛,一次比一次兴旺发达。这次收到论文300多篇,因篇幅所限,论文集只收入107篇,洋洋大观,500多页。从这点来看,我们中国天地生相互关系学术研究并不落后,中国人还是行的。天地生这几年在我国有很大发展,我表示热烈祝贺。但作为一个科技工作者不能光高兴、祝贺,还要回头想一想,发展了是大好事,是不是还有一些问题?我今天讲的就是我所认识的这些问题。

---

* 在第三届全国天地生相互关系学术讨论会上的发言。原载《地理环境研究》第1卷第2期,1989年12月。

一、天地生相互关系

这个问题确实是涉及面很广的综合性问题。我翻了翻论文提要，天地生相互关系研究，在论文集里表现有三大方面。

第一方面叫地学或地球科学。我在中国科学院召开的地学学部会议上，提出的地学概念是不是应该现代化一点，叫地球科学或者行星科学。由于航天技术发展，我们可以到其他行星观察别的行星或其卫星，这对我们研究地球本身有很大的启发与帮助。所以，原来的地学，现在的地球科学，能不能再扩大一点叫行星科学。美国著名的加州理工学院就设有地球与行星科学部。我认为研究地球，需要参考其他行星与卫星，把天地生三方面结合起来。

我最近看到一些研究地球冰川历史时期是如何产生的论文，有各式各样的说法，光从一种原因来分析问题恐怕不行，要天地生结合起来。首先是地球接受的辐射量；其次是海陆分布，海洋流的影响；再次，海洋中还有生物。对地球大范围长时期的气候变化、温度变化不只是一个简单的太阳辐射问题。地学研究的是地球，但原因不能仅仅是在地球上，而是在天文上、在地球的生物上。今天的地球科学或行星科学，目的是研究地球，但不能限于老办法，要以天地生综合方法来研究。

第二大方面，不只是就地球论地球，重点是研究人，是客观自然环境的人。客观环境就是天地生，中心目的是研究人的发展。过去几百年发展起来的近代科学，有点机械唯物论的味道，不太注意人的客观环境，也就是天地生，现在看来越来越

不行了。第二方面的工作实际是人的科学，我以前叫人体科学，包括医学在内。

第三大方面是地理科学，这是今后工作中的一个很重要部分，是研究当今世界和今后一段时期全球环境和我国的环境，这个问题重要的就是人。谢家泽教授的论文提出天、地、生、人系统观。这就是说，仅有天地生还不够，还得加上人。人跟其他生物不一样，最大的区别是人的脑子，人有思想，有意识，这就大大增加了人及其环境相互关系的复杂性。从哲学上来说，我们要坚持唯物主义，不能用机械唯物论，不考虑人的主观能动性，而机械唯物论是资本主义国家学者最容易犯的错误。然而并非所有的人都犯类似的错误，也有例外，他们自觉或不自觉地走着辩证唯物主义道路。如诺贝尔奖获得者美国的罗杰·斯伯伦教授，他认为人的大脑有多层次作用，最高层次是精神，是意识作用，高层次作用可以反馈低层次作用。他这种观点是符合辩证唯物主义的。可是他却声明“坚决反对”马克思主义。实际上他已经走进马克思主义哲学大门了，进去了一点又出来了。

要研究地理科学，即环境科学，只是天地生就不够了。我赞成谢家泽教授的观点，即天地生还要加人，这非常重要。既然考虑到人的因素，那么时间就比较短暂。人的事、人所影响世界的事，确实变化比较快，不像我们研究地球科学、研究自然科学，眼光放长了。论及冰川是上亿年，而人的事几年就有很大变化。所以，我认为是区别地理科学与地学或地球科学的一个方面。我们考虑的问题，时间尺度不像地学那么长。我觉得区别有三个方面：第一，经典地学或者是地球科学（行星科

学)；第二，实际上是人体科学的哲学问题，是人天观，是人在整个客观宇宙中的观点；第三，今天的社会世界，是我们研究的重点。我们如何发展这个社会世界，或者说，我们中国人如何建设社会主义初级阶段问题。这样一说，好像最大的问题就是第三个方面了。因为我们社会主义建设迫切需要建设方针、政策、策略，所涉及的就是地理科学。

我读了一些各种各样的区域规划、地区发展规划以及贫困地区脱贫规划。这类研究很多，说句老实话，我觉得这些工作还不够令人满意。因为用的观点不够开阔，方法也不是最好，所得结论还值得研究。有的专家教授说，别看那一本本规划，还不得不跟主持规划的领导妥协，因为人家招待得很好，写出的规划不合人家的心意有点不好办。如果真有这点味，我们科学工作者心里总有点不踏实吧！科学就要讲老实话，也许讲老实话有困难，那就要在方法上改进。

二、地理科学是开放的复杂巨系统

上面说的三个方面：地球科学(行星科学)、人体科学和地理科学，虽然研究对象不一样，但都是开放的复杂巨系统。这个认识是我们一年多来的新发展，也可以说是我们中国人的发明。

什么是开放的复杂巨系统？系统有封闭的，有开放的。客观世界中绝对封闭的系统大概是没有的，短期内可能有封闭，过一段时间又开放了。研究问题不妨分两个，一是封闭系统，一是开放系统。系统是由子系统所组成。子系统的数量少，几

个、十几个，这是简单系统。处理方法就是50年代发展起来的控制论。子系统如果多了，几十个、上百个，那这个系统就可以叫大系统，处理方法还是控制论，无非是麻烦一些，现在有电子计算机。从子系统的性质和子系统的关系，用控制论的方法来综合，这是有理论的直接处理方法，重点是"直接"两字，就是硬干，直接以子系统综合。如果子系统的数量非常之大，成万、上亿、上百亿，用直接方法就不行了，只有分成几个种类。假设子系统的种类不太多，十几种以至二三十种，我们就可以用过去的统计物理方法。这类系统就是巨系统。但子系统的种类不太多，可以叫开放的简单巨系统。这个理论是近20年来获诺贝尔奖的比利时的普利高津和联邦德国的哈肯发展起来的耗散结构和协同论。实际上他们参考、引用了20世纪初发展起来的统计物理方法，这些理论可以用来处理开放的简单巨系统，而且很成功。例如，哈肯用其理论成功地处理了激光问题。后来，他们把这个理论用到更广泛的领域里，解决了许多重要问题。这些成功使他们相信其理论是无所不包的。但是，我要说这两位大师和他们的理论也有局限性。这两位大师太勇敢了，他们要用其理论来处理社会现象，他们把那么复杂的社会现象归纳成十几个、二十来个参数，这就是主观想像，我认为这不是实事求是。我和相信西医的同志讲："你们搞西医的呀，从书本上的西医到近代的西医，科学极了，但恐怕太简单了。"我之所以这样说，是因为我同一些西医大师交换过意见。如中华医学会的吴阶平大夫（中国科协副主席）说：要治病，光靠书本知识是闹不好的，还要靠更多的临床经验。这就说明，要用普利高津、哈肯这些处理开放简单巨系统的方法，

来处理开放复杂巨系统，用错了方法就不会成功。这是一年多以前我们在系统学讨论班才认识到的问题。要区别开放的简单巨系统和开放的复杂巨系统，这点我认为特别重要。

前面提到的几个领域，地球科学、人体科学和地理科学，特别是地理科学，因为加进了人这个因素，便成了开放的复杂巨系统。比如说人，社会的人难道说就只有十几种人？人的年龄不一样，男女性别不一样，受教育的程度不一样，民族文化传统不一样，那么复杂，简单化就要犯错误。上述三个领域都是开放的复杂巨系统。

也许有人说，社会中也有人嘛，你已经把人说成开放的复杂巨系统，那这个社会就不得了啦，更复杂了。我不那么看，因为你在处理人的时候，你的对象是某一个人，你要考虑他的活动功能，考虑组成这个人的器官以至于细胞。但你把这个人放在社会里就不需要考虑这么细。因为你主要考虑的是有几种类型的人，他们的行为反应怎么样？虽然一个人，如张三，他今天肯定有这样的思想状况，这样健康；但到明天，他病了或者怎么样了。那么在研究人体科学的时候，你就要研究这些变化的原因，在研究社会的时候就不需要这样干了。因为张三病了，还有个李四与张三差不多，用李四代替张三。我们研究社会现象就不是说张三、李四的问题，而是有那么一种思想行为的人。所以，研究社会并不能说比研究一个人还要复杂。原因是观点不一样。

既然普利高津、哈肯的那些方法用不上了，而且试过不成，怎么办？这到了“山重水复疑无路，柳暗花明又一村”的地步，又看到光明，新的方向。这就是几年来航天部七一〇所，他

们承担了一些社会经济问题研究。原来他们是搞卫星控制的，对经济一窍不通。接受国家计委的咨询任务，他们找了许多有经验的社会学家、经济学家，请他们谈对经济问题的看法。发现这些社会学家、经济学家，各说各的，都不一样。我参加过一个会，每个人发言都是："我对这个问题的看法是……请考虑，但不保险"。每个专家都是这样回答的，怎么办？他们把这些专家的各种意见进行综合。认为专家有不同的意见和看法，必然有个理由。专家有经验但不全面，也有漏掉和他不知道的东西。大家可以翻翻国家统计年鉴，七八百页，统计数字多极了，有几百个参数。七一〇所的同志悟出个道理，要综合只能用很大很大的模型。用几百个参数构筑模型以后，又到国家统计局把统计数字找来，放到模型里去计算。结果如何？请专家发表意见，然后根据专家的意见修改模型，再算，再请专家评审。经过几次反复，一直到专家们认为差不多了，看不出还有什么问题，这个就是答案。最后这个方法我们叫做"从定性到定量的综合集成方法"。这个方法我们认为是处理开放复杂巨系统唯一可靠方法。谁要用处理开放简单巨系统的方法来处理开放复杂巨系统那就要犯错误。

最近，我们把这个方法又加以改进。因为专家们的意见要综合起来就很费事，特别是当问题很复杂，专家们接触到的事物又有局限性的话，怎么办？我想到我们党的多年工作经验是民主集中。民主是做不做的问题，真正民主以后能不能集中是个大问题。政协委员有句话叫："不说白不说，说了也白说，白说也要说"。政协委员提了很多意见，但能不能正确集中是个很大的问题。而刚才说的，我们最近认识到的方法，从原理上

说是可以的。但这个问题很复杂，要听专家的意见，不是几位、几十位，而是成百上千的话，怎么办？处理这个问题要找个帮手，建立模型。过去是人做，现在想到的就是知识工程、人工智能和专家系统。用计算机帮助人做，运用新技术就可以解决问题，再复杂的问题也不怕。现在用从定性到定量的综合集成方法，特别是引用了知识工程、信息技术和专家系统这些新的计算机技术。我们有信心，这个方法可以用来解决所有的开放复杂巨系统的问题。虽然这是初步的，但我们找到了一条路，实践证明是可行的，要比普利高津、哈肯的方法可靠得多。

三、建立现代地理科学系统

现代地理科学，我在三年前第二届天地生相互关系学术会议上讲过，后来又在中国科学院地学部会议上讲了一次，今年又得到中国地理学会的支持，他们觉得我现在提的这个方法值得研究，所以正在以地理学会的名义组织各方面讨论。我希望在中国要大胆建立地理科学，我们要率先打出地理科学大旗，原因就是国家的社会主义建设需要。我们要科学地建设我国社会主义，就必须认真地搞地理科学。假设是这样，那么我就说：也许今后的天地生相互关系学术讨论将会分开了。前面说的三个方面，第一个方面关于地学或行星科学得由我们搞地学的同志来组织了。第二个方面关于人体科学，将来可归到中国人体科学学会去管。剩下来的第三部分，即地理科学部分，我希望中国地理学界，也许包括许多社会科学领域的一些学科，又跟地理科学有关的（因为地理科学不光是自然科学，

而且有社会科学，如国土经济学、生态经济学，这些都是经济，涉及到社会科学），组织起来，将来由中国地理学会来研究这个问题。研究清楚以后，可能最后我们在中国科协组织一个中国地理科学联合会。关于这一部分就是天地生人综合研究，就可以由中国地理科学联合会来组织，这肯定是他们的工作重点。

地理科学到底研究什么？我现在有些想法不知对不对？我们常说，有社会主义精神文明建设，有社会主义物质文明建设，十三大报告中明确提到还有一个社会主义民主与法制建设。这三个建设实际上就是社会形态的建设。社会形态这个词是马克思的，他明确提出社会形态，而且还分为经济的社会形态，这个建设就是我们说的社会主义物质文明建设。什么是社会主义精神文明建设？实际上是意识的社会形态建设。刚才说到十三大报告里面的社会主义民主与法制建设，实际上是社会主义政治文明建设，用马克思的话说，就是政治的社会形态的建设。所以有三个社会形态，三个文明建设。三个文明建设一定要配套，我们现在的问题，恐怕就是三个文明建设半配套，这是意识形态问题，也是社会形态的问题。那么我们的问题是：地理科学研究什么？我们讨论中认为，我们研究的就是经济的社会形态、政治的社会形态和意识的社会形态，或者说社会主义物质文明建设、社会主义精神文明建设和社会主义政治文明建设。它的基础，它的客观环境就是我们要研究的。因此，我们想了一个词（不知对不对），我们研究的对象就是一个开放的复杂巨系统，就是地理系统。研究地理系统涉及到研究社会形态、文明建设的环境条件以至世界形势。我们研究的

地理系统就是这样一个开放的复杂巨系统，必须用开放的复杂巨系统方法来研究它，即用从定性到定量的综合集成方法。必须明确，到现在还没有其他方法，而其他方法也不全面。关于地理系统有各式各样的认识。如论文集里王兆祥同志的文章，他是从生态角度论述的，他讲的是生态序，这是一种看法，还有很多其他观点，这都很好，但一定要综合。这个综合的方法就是从定性到定量的综合集成方法。我在今年《哲学研究》第 10 期上有一篇文章，大家感兴趣可以翻翻。大概《自然杂志》1990 年第 1 期还有一篇更长点的文章，论述这个开放复杂巨系统及其方法论。

既然有社会主义三大文明建设，引出一个地理系统的概念。我们这个地理系统也要建设嘛！是否可以这样提：我们要考虑社会主义的地理建设。恐怕邹局长（指国家气象局局长邹竞蒙——编者）你也同意吧！你这个气象局很重要，但到国务院去老排不上队，难极了；还有环保局，环境保护也是个难题；还有铁路建设，投资越来越少；交通运输建设、通讯建设、农业建设（现在开始重视了），但前几年就是排不上队。所以我觉得这些都可以把它归纳为给我们社会主义建设持续、稳定的、协调发展的一个必要基础。我们必须把眼光放远，不能只看到眼前。我们提出了地理建设的概念，那究竟什么是地理建设呢？我想到的是：交通运输、信息通讯、能源发展、供气供水、环境保护、绿化建设、城镇体系建设、气象预报、防灾抗灾、矿业开发、农业资源及林业资源开发、保护等等。在座的同志恐怕比我提得全，这些都是地理建设。我们要建设社会主义三个文明，我们要把它的基础条件搞好，不然持续稳定协调发展就很

难，这就是地理建设。

论文集有好多文章谈到灾害问题。最近我给我国搞灾害的专门学术刊物《灾害学》编辑部写了一封信（《灾害学》1989年第4期刊登了），自然原因造成的灾害（地震、水灾、泥石流、暴风雨、雷电、火灾……）大家谈得很多，但是人为原因造成的灾害说得很少。范维澄在1987年第6期《自然杂志》上发表了“火灾的科学”。我们每年火灾损失8亿元，有雷电造成的，但大量是人为的。还有核电站、核工厂事故、化学工厂事故、有毒化合物事故、爆炸事故。而人为原因造成的灾害频率特别高，所以灾害学不能限于自然灾害，还要考虑人为灾害，这也是我们研究地理系统所必须考虑的。

有两点要提请同志们考虑。第一，这样复杂的问题是开放的复杂巨系统，怎么研究？我们千万要避免唯心主义、机械唯物主义的错误，一定要坚持辩证唯物主义、马克思主义哲学。在处理复杂问题中这一点尤为重要。为什么提到国外科学家有很大成就，但在这个问题上常常犯错误，这一点提请大家考虑。再一点，请大家考虑，我们要搞的这个问题用什么方法？现在看来只能是从定性到定量的综合集成方法，才能避免片面性，这是我们认识客观世界的新发展。我讲的不对的地方，请同志们批评。

就"地理科学"答《地理知识》记者问*

钱学森

问:为什么您提地理科学而不是简单地称地理?

答:因为我要突出讲地理科学是自然科学与社会科学的汇合,或叫交叉。最近看到刚由四川科学技术出版社出的《2000年甘肃环境》,这本来是一本地理科学的书,但由于地理科学的概念尚在建立中,所以书只好把论文分成两部分,一部分称社会科学,又一部分称自然科学。这并不是争一个名词,而在于地理科学对于社会主义建设来说,是一门迫切需要的科学,是科学地建设社会主义所必需的理论之一。社会主义建设过程提出的问题很多,像资源利用、国土整治、发展战略等,都涉及地理科学。地理科学也不是一门学科,而是学科体系,是与自然科学、社会科学等并列的现代科学技术中的一个

* 原载《地理知识》1990年第1期。

大部门。

地球是人类活动的物质基础,但最终决定这个活动的结果,还是社会因素。地理科学应研究这类既涉及自然过程、又涉及社会过程的宏观规律和综合规律。

问:地理科学的学科体系是如何构成的?

答:我说地理科学是一门现代科学技术的部门,意思是说地理科学有一个体系结构,它可以划分成三个层次:①最切实用的是工程技术层次。那是些什么学问呢?像城市规划、环境保护、水资源、气象预报、地震预报、地区发展战略等,就都属于这个层次。它们就是地理科学在直接改造客观世界方面的学问,是带有工程技术性质的学问,是干实活的学问。②地理科学在较高一个层次上,即带有理论性的层次上,是技术科学,这是为把基础地理科学理论应用到工程技术层次作准备的中间层次。我认为在地理科学中,技术科学这个层次,像数量地理学、生态经济学、环境科学、国土经济学,还有我自己提出的城市学,就都包括在内,这些是用来指导工程技术层次的。③最高一个层次是地理科学的基础科学层次。地理科学的基础科学是什么?就是我在1983年发表文章中所提出的地球表层学。这是什么学问呢?就是把人在地球上进行活动的那个区域,上至大气同温层,下至地壳,对这一整体进行系统的研究。

问:请您谈一谈怎样进行地理科学的研究?

答:我看过一本由R.J.约翰斯编辑的《地理的将来》(1985),这里面的作者大概都是英国的教授,他们对地理很担心,说是日子不好过。实质上我认为是这样一个问题:在资本

主义国家一涉及到社会，问题就说不清楚了，他们没有用科学的社会科学去研究，所以就说不清楚。还有一点，这些地理教授们，他们没有怎么接触系统科学，所以对今天这个世界的结构，社会的、国家的、地区的结构，不能用系统学的观点去看，这也是他们研究这个问题时看不清楚的原因。

地理科学是自然科学和社会科学的汇合，它们有三个层次，前面已经讲了。这里所要强调的就是系统的概念，因为非常复杂，一定要用系统的概念。最近我也很高兴看到，我们科学院地理所的牛文元同志写的一本书叫《现代应用地理》，里面用的就是系统的观点。

黄秉维同志和我都认为：为了社会主义建设，我们要组织力量，统一思想，理直气壮地建立"地理科学"，中国科协也要为此多做工作。

问：地理科学与地球科学的区别在什么地方？

答：地球科学或地学是自然科学，而地理科学是自然科学与社会科学的汇合。从时间尺度上去区分，地理科学的时间尺度是比较短的，或者说地理科学的特征时间尺度是10年、20年；而地学的时间尺度是很长的，例如地球大陆的聚合与分解，一个循环就是4亿多年。当然上述时间尺度的区分也不是绝对的，重要的不同是因为这两门学问的主导思想、所注意的问题的重点是不一样的。

问：请您谈一下组织协调"地理科学"研究的基本设想

答：发展地理科学，主要靠黄秉维等地理界的同志们，但科协能在组织协调上做点工作。我考虑有：①把科协所属与地理科学相关的学会、协会、研究会以及社会科学中与地理科学

相关的学会、协会、研究会中的有关人员组织起来，研究有关地理科学的概念。通过讨论要认识到：为什么要建立地理科学而不仅是地理学？地理科学对社会主义建设的主要意义在哪里？②形成一个联合的组织（类似中国科协工程学会联合会），定期组织研讨，以不断完善地理科学的概念，又会对国家建设提出很好的建议。最近邓小平同志讲到要进行中、长期规划，这应是地理科学要关心和解决的问题。具体项目要与国家计委商量。③参加地理科学的研究人员，应与整个科技界一样，要有学术民主的思想和作风。科学工作决不能作假、剽窃等，也不能允许虚伪、吹嘘等这类人的存在。

一个科学新领域*

——开放的复杂巨系统及其方法论

钱学森 （国防科学技术工业委员会）
于景元 （航空航天工业部710所）
戴汝为 （中国科学院自动化研究所）

近20年来，从具体应用的系统工程开始，逐步发展成为一门新的现代科学技术大部门——系统科学，其理论和应用研究，都已取得了巨大进展[1]。特别是最近几年，在系统科学中涌现出了一个很大的新领域，这就是最先由马宾同志发起的开放的复杂巨系统的研究。开放的复杂巨系统存在于自然界、人自身以及人类社会，只不过以前人们没有能从这样的观点去认识并研究这类问题。本文的目的就是专门讨论这一类系统及其方法论。

---

* 原载《自然杂志》第13卷第1期，1990年。

一、系统的分类

系统科学以系统为研究对象，而系统在自然界和人类社会中是普遍存在的。如太阳系是一个系统，人体是一个系统，一个家庭是一个系统，一个工厂企业是一个系统，一个国家也是一个系统，等等。客观世界存在着各种各样的具体系统。为了研究上的方便，按着不同的原则可将系统划分为各种不同的类型。例如，按着系统的形成和功能是否有人参与，可划分为自然系统和人造系统；太阳系就是自然系统，而工厂企业是人造系统。如果按系统与其环境是否有物质、能量和信息的交换，可将系统划分为开放系统和封闭系统；当然，真正的封闭系统在客观世界中是不存在的，只是为了研究上的方便，有时把一个实际具体系统近似地看成封闭系统。如果按系统状态是否随着时间的变化而变化。可将系统划分为动态系统和静态系统；同样，真正的静态系统在客观世界中也是不存在的，只是一种近似描述。如果按系统物理属性的不同，又可将系统划分为物理系统、生物系统、生态环境系统等；按系统中是否包含生命因素，又有生命系统和非生命系统之分，等等。

以上系统的分类虽然比较直观，但着眼点过分地放在系统的具体内涵，反而失去系统的本质，而这一点在系统科学研究中又是非常重要的。为此，在参考文献〔2〕中提出了以下分类方法。

根据组成系统的子系统以及子系统种类的多少和它们之间关联关系的复杂程度，可把系统分为简单系统和巨系统两

大类。简单系统是指组成系统的子系统数量比较少，它们之间关系自然比较单纯。某些非生命系统，如一台测量仪器，这就是小系统。如果子系统数量相对较多(如几十、上百)，如一个工厂，则可称作大系统。不管是小系统还是大系统，研究这类简单系统都可从子系统相互之间的作用出发，直接综合成全系统的运动功能。这可以说是直接的做法，没有什么曲折，顶多在处理大系统时，要借助于大型计算机，或巨型计算机。

若子系统数量非常大(或成千上万、上百亿、万亿)，则称作巨系统。若巨系统中子系统种类不太多(几种、几十种)，且它们之间关联关系又比较简单，就称作简单巨系统，如激光系统。研究处理这类系统当然不能用研究简单小系统和大系统的办法，就连用巨型计算机也不够了，将来也不会有足够大容量的计算机来满足这种研究方式。直接综合的方式不成，人们就想到本世纪初统计力学的巨大成就，把亿万个分子组成的巨系统的功能略去细节，用统计方法概括起来。这很成功，是I. Prigogine 和 Haken 的贡献，它们各自称为耗散结构理论和协同学。

二、开放的复杂巨系统

如果子系统种类很多并有层次结构，它们之间关联关系又很复杂，这就是复杂巨系统。如果这个系统又是开放的，就称作开放的复杂巨系统。例如：生物体系统、人脑系统、人体系统、地理系统(包括生态系统)、社会系统、星系系统等。这些系统无论在结构、功能、行为和演化方面，都很复杂，以致于到今

天，还有大量的问题，我们并不清楚。如人脑系统，由于人脑的记忆、思维和推理功能以及意识作用，它的输入—输出反应特性极为复杂。人脑可以利用过去的信息(记忆)和未来的信息(推理)以及当时的输入信息和环境作用，作出各种复杂反应。从时间角度看，这种反应可以是实时反应、滞后反应甚至是超前反应；从反应类型看，可能是真反应，也可能是假反应，甚至没有反应。所以，人的行为决不是什么简单的“条件反射”，它的输入—输出特性随时间而变化。实际上，人脑有 10^{12}个神经元，还有同样多的胶质细胞，它们之间的相互作用又远比一个电子开关要复杂得多，所以美国 IBM 公司研究所的 E. Clementi 曾说[3]，人脑像是由 10^{12}台每秒运算 10 亿次的巨型计算机并联而成的大计算网络！

再上一个层次，就是以人为子系统主体而构成的系统，而这类系统的子系统还包括由人制造出来具有智能行为的各种机器。对于这类系统，“开放”与“复杂”具有新的更广的含义。这里开放性指系统与外界有能量、信息或物质的交换。说得确切一些：①系统与系统中的子系统分别与外界有各种信息交换；②系统中的各子系统通过学习获取知识。由于人的意识作用，子系统之间的关系不仅复杂而且随时间及情况有极大的易变性。一个人本身就是一个复杂巨系统，现在又以这种大量的复杂巨系统为子系统而组成一个巨系统——社会。人要认识客观世界，不单靠实践，而且要用人类过去创造出来的精神财富。知识的掌握与利用是个十分突出的问题。什么知识都不用，那就回到 100 多万年以前我们的祖先那里去了。人已经创造出巨大的高性能的计算机，还致力于研制出有智能行为的

机器，人与这些机器作为系统中的子系统互相配合，和谐地进行工作，这是迄今为止最复杂的系统了。这里不仅以系统中子系统的种类多少来表征系统的复杂性，而且知识起着极其重要的作用。这类系统的复杂性可概括为：①系统的子系统间可以有各种方式的通讯；②子系统的种类多，各有其定性模型；③各子系统中的知识表达不同，以各种方式获取知识；④系统中子系统的结构随着系统的演变会有变化，所以系统的结构是不断改变的。我们把上述系统叫作开放的特殊复杂巨系统，即通常所说的社会系统。

系统的这种分类，清晰地刻划了系统复杂性的层次，它对系统科学理论和应用研究具有重大意义。从社会系统的最近研究中，也可以看出这一点。研究人这个复杂巨系统可以看作是社会系统的微观研究，而在社会系统的宏观研究方面，根据马克思创立的社会形态概念，任何一个社会都有三种社会形态，即经济的社会形态、政治的社会形态、意识的社会形态，可把社会系统划分为三个组成部分，即社会经济系统、社会政治系统、社会意识系统。相应于三种社会形态应有三种文明建设，即物质文明建设（经济形态）、政治文明建设（政治形态）和精神文明建设（意识形态）。社会主义文明建设，应是这三种文明建设的协调发展[4]。这一结论无论在理论上还是在实践中都有重要意义。从实践角度来看，保证这三种文明建设协调发展的就是社会系统工程。按着系统工程的定义，组织管理社会经济系统的技术，就是经济系统工程；组织管理社会政治系统的技术，就是政治系统工程；组织管理社会意识系统的技术，就是意识系统工程。而社会系统工程则是使这三个子系统之

间以及社会系统与环境之间协调发展的组织管理技术。从我国改革和开放的现实来看，不仅需要经济系统工程，更需要社会系统工程。单纯地进行经济体制改革，不注意另外两个子系统的关联制约作用，经济体制改革难以成功。例如“官倒”、党内某些腐败现象、社会风气不正等等，都对经济体制改革造成了严重影响，以致于不得不来治理经济环境，整顿经济秩序。党的十三届五中全会提出的进一步治理整顿和深化改革，就是社会主义制度的自我完善，是中国社会形态的自我完善。这都说明了单打一的零散改革是不行的。改革需要总体分析、总体设计、总体协调、总体规划，这就是社会系统工程对我国改革和开放的重大现实意义。

从以上列举的开放的复杂巨系统的实例中，可以看到，它们涉及到生物学、思维科学、医学、地学、天文学和社会科学理论，所以这是一个很广阔的研究领域。值得指出的是，这些领域的理论本来分布在不同的学科甚至不同的科学技术部门，而且均已有了较长的历史，也都或多或少地用本学科的各自语言涉及开放的复杂巨系统这一思想，如中医理论，但今天却都能概括在开放的复杂巨系统的概念之中，而且更加清晰、更加深刻了。这个事实启发我们，开放的复杂巨系统概念的提出及其理论研究，不仅必将推动这些不同学科理论的发展，而且还为这些理论的沟通开辟了新的令人鼓舞的前景。

三、开放的复杂巨系统的研究方法

开放的复杂巨系统目前还没有形成从微观到宏观的理

论，没有从子系统相互作用出发，构筑出来的统计力学理论。那么有没有研究方法呢?有些人想得比较简单，硬要把第一节中讲到的处理简单系统或简单巨系统的方法用来处理开放的复杂巨系统。他们没有看到这些理论方法的局限性和应用范围，生搬硬套，结果适得其反。例如，运筹学中的对策论，就其理论框架而言，是研究社会系统的很好工具。但对策论今天所达到的水平和取得的成就，远不能处理社会系统的复杂问题。原因在于对策论中已把人的社会性、复杂性、人的心理和行为的不确定性过于简化了，以致于把复杂巨系统问题变成了简单巨系统或简单系统的问题了。同样，把系统动力学、自组织理论用到开放的复杂巨系统研究之中，所以不能成功，其原因也在于此。系统动力学创始人 J. Forrester 自己就提出[5]，对他的方法要慎重，要研究模型的可信度。但国内有些人对此却毫不担心，“大胆”使用。

另外，也有的人一下子把复杂巨系统的问题上升到哲学高度，空谈系统运动是由子系统决定的，微观决定宏观等等。一个很典型的例子就是“宇宙全息统一论”[6]。他们没有看到人对子系统也不能认为完全认识了。子系统内部还有更深更细的子系统，以不全知去论不知，于事何补? 甚至错误地提出“部分包含着整体的全部信息”、“部分即整体，整体即部分，二者绝对同一”，这完全是违反客观事实的，也违反了马克思主义哲学。

实践已经证明，现在能用的、唯一能有效处理开放的复杂巨系统(包括社会系统)的方法，就是从定性到定量的综合集成方法，这个方法是在以下三个复杂巨系统研究实践的基础

上，提炼、概括和抽象出来的，这就是：

1. 在社会系统中，由几百个或上千个变量所描述的从定性到定量的综合集成系统工程技术，对社会经济系统的研究和应用；

2. 在人体系统中，把生理学、心理学、西医学、中医和传统医学以及气功、人体特异功能等综合起来的研究；

3. 在地理系统中，用生态系统和环境保护以及区域规划等综合探讨地理科学的工作。

在这些研究和应用中，通常是科学理论、经验知识和专家判断力相结合，提出经验性假设（判断或猜想）；而这些经验性假设不能用严谨的科学方式加以证明，往往是定性的认识，但可用经验性数据和资料以及几十、几百、上千个参数的模型对其确实性进行检测；而这些模型也必须建立在经验和对系统的实际理解上，经过定量计算，通过反复对比，最后形成结论；而这样的结论就是我们在现阶段认识客观事物所能达到的最佳结论，是从定性上升到定量的认识。

综上所述，从定性到定量的综合集成方法，就其实质而言，是将专家群体（各种有关的专家）、数据和各种信息与计算机技术有机结合起来，把各种学科的科学理论和人的经验知识结合起来。这三者本身也构成了一个系统。这个方法的成功应用，就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势。

近几年，国外有人提出综合分析方法（meta-analysis）[7]，对不同领域的信息进行跨域分析综合，但还不成熟，方法也太简单，而从定性到定量的综合集成方法却是真正的 meta-synthesis。

四、综合集成方法的实例

下面，我们以社会经济系统工程中“财政补贴、价格、工资综合研究”为例，来说明这个方法及其应用。这个案例是成功的。

1979年以来，由于实行农副产品收购提价和超购加价政策，提高了农民收入，这部分钱是由国家财政补贴的。但是，当时对销售价格没有作相应调整，结果是随着农业连年丰收，超购加价部分迅速增大，给国家财政带来了沉重的负担，是财政赤字的主要根源。这样，造成了极不正常的经济状态：农业越丰收，财政补贴越多，致使国家财政收入增长速度明显低于国民收入增长速度，财政收入占国民收入的比例逐年下降。

财政补贴产生的这些问题，引起国家的极大重视，有关部门提出，如何利用价格、工资这两个经济杠杆，逐步减少以至取消财政补贴。然而，调整零售商品价格必将影响到人民生活水平；如果伴以工资调整，又涉及到财政负担能力、市场平衡、货币发行和储蓄等。这些问题涉及到经济系统中生产、消费、流通、分配这四个领域。

财政补贴、价格、工资以及直接和间接有关的各个经济组成部分，是一个互相关联互相制约的具有一定功能的系统。调整价格和工资从而取消财政补贴，实质上就是改变和调节这个系统的关联、制约关系，以使系统具有我们希望的功能，这是系统工程的典型命题。

为了解决这个问题，首先由经济学家、管理专家、系统工

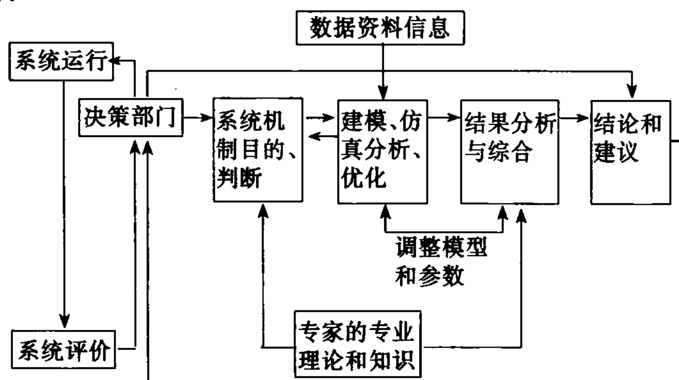
程专家等依据他们掌握的科学理论、经验知识和对实际问题的了解，共同对上述系统经济机制(运行机制和管理机制)进行讨论和研究，明确问题的症结所在，对解决问题的途径和方法作出定性判断(经验性假设)，并从系统思想和观点把上述问题纳入系统框架，界定系统边界，明确哪些是状态变量、环境变量、控制变量(政策变量)和输出变量(观测变量)。这一步对确定系统建模思想、模型要求和功能具有重要意义。

系统建模是指将一个实际系统的结构、功能、输入—输出关系用数学模型、逻辑模型等描述出来，用对模型的研究来反映对实际系统的研究。建模过程既需要理论方法又需要经验知识，还要有真实的统计数据和有关资料。

有了系统模型，再借助于计算机就可以模拟系统和功能，这就是系统仿真。它相当于在实验室内对系统作实验，即系统的实验研究。通过系统仿真可以研究系统在不同输入下的反应、系统的动态特性以及未来行为的预测等等，这就是系统分析。在分析的基础上，进行系统优化，优化的目的是要找出为使系统具有我们所希望的功能的最优、次优或满意的政策和策略。

经过以上步骤获得的定量结果，由经济学家、管理专家、系统工程专家共同再分析、讨论和判断，这里包括了理性的、感性的、科学的和经验的知识的相互补充。其结果可能是可信的，也可能是不可信的。在后一种情况下，还要修正模型和调整参数，重复上述工作。这样的重复可能有许多次，直到各方面专家都认为这些结果是可信的，再作出结论和政策建议。这时，既有定性描述，又有数量根据，已不再是先验的判断和猜

想，而是有足够科学根据的结论。以上各步可用框图表示，如图。



五、综合集成还可以用知识工程

如上所述，综合集成方法取得了很好的效果。在解决问题的过程中，专家群体和专家的经验知识起着重要的作用。在以前，如在前一节所举的实例中，这一综合的过程还没有使用机器，建立模型也是靠人动脑子思考。现在看，我们还可以进一步，在一个系统中加入知识这一极其重要的因素。这就牵涉到知识的表达和知识的处理，实际上就是知识工程的问题了。知识工程是人工智能的一个重要分支，解决问题的办法着眼于合理地组织与使用知识，从而构成知识型的系统。专家系统就是一种典型的知识型系统。专家的一部分作用可通过专家系统来实现，所以专家系统也自然是系统中的子系统。再进一步分析，在前面关于系统分类的讨论中，开放的特殊复杂巨系统

居于最高层次，人作为这种系统中的子系统。人不能脱离社会而存在，随着社会的发展，人类创造各种机器来代替体力劳动与部分脑力劳动，结果具有智能行为的机器必然也是子系统。由人、专家系统及智能机器作为子系统所构成的系统必然是人机交互系统。各子系统互相协调配合，关键之处由人指导、决策，重复繁重工作由机器进行。人与机器以各种方便的通讯方式，例如自然语言、文字、图形等，进行人机通讯，形成一个和谐的系统。

近年来知识工程领域中的一些专家认识到以往忽视理论的错误倾向，已在探讨知识型系统研究的方法论问题。知识工程中的核心问题是知识表达，即如何把各种知识，如书本知识、专门领域有关的知识、经验知识、常识知识等，表示成计算机能接受并能加以处理的形式，这是必须解决的基本问题。知识型的系统与以往的动态系统不同，它的特点是以知识控制的启发式方法求解问题，不是精确的定量处理，因为许多知识是经验性的，难以精确描述。对于知识型系统，不能像以往的一些控制系统那样建立定量的数学模型，而只能采用定性的方法。如果系统中包括一些可以定量描述的部件，那么也必然是采用从定性到定量的综合集成方法来进行系统综合。已有许多工作是利用定性物理的概念与建模方法来建立定性模型，进而研究定性推理的[8]。定性建模是一种把深层知识进行编码的方法，关心的只是变化的趋势，例如增加、减少、不变等。定性推理指的是在定性模型上的操作运行，从而得到或预估系统的行为。这里着重的是结构、行为、功能的描述及它们之间的关系。到目前为止，已有三方面代表性的工作。一是

Xerox 公司的 De Kleer 等人从系统的观点出发提出以部件为主(component centered)的模型,认为系统最重要的特性是可合成性,在结构上系统由部件连接而成,系统的行为可由部件的行为推导而得出。他们致力于建立一种能进行解释与预估的定性物理系统。另一是 MIT 计算机科学实验室的 Kuiper 提出以约束为主(constraint centered)的模型。第三是 MIT 人工智能实验室的 Forbus 提出以进程为主(process centered)的模型。他把引起运动和变化的原因等称为进程,致力于建立进程对物理过程影响的理论。知识工程中研究定性建模与推理的动机是研究常识知识,解决常识知识的表达、存贮、推理等。很多专家认为定性建模与推理的方法及理论研究很可能是解决利用常识知识的途径。1988 年欧洲人工智能大会把最佳论文奖授予关于定性物理模型和计算模型的论文,说明人们对这方面的研究所抱的希望。

实际上人工智能领域中有许多重要的工作是从系统的角度考虑的。有一种主张把人工智能的研究概括为是对各种定性模型(物理的、感知的、认知的、社会系统的模型)的获取、表达与使用的计算方法进行研究的学问[9]。这是系统科学观点的反映。当前人工智能领域中综合集成的思想得到重视,计算机统筹制造系统(computer integrated manufacture system,简称 CIMS 系统)的提出与问世就是一个例子。在工业生产中,产品设计与产品制造是两个重要方面,各包括若干个环节,这些环节以现代化技术通过人机交互在进行工作。以往设计与制造是分开各自进行的。现在考虑把两者用人工智能技术有机地联系起来,及时把制造过程中有关产品质量的信息

向设计过程反馈，使整个生产灵活有效，又能保证产品的高质量。这种把设计、制造，甚至管理销售统一筹划设计的思想恰恰是开放的复杂巨系统的综合集成思想的体现。

总之，我们把系统的"开放性"和"复杂性"这两个概念拓广之后，对系统的认识就更加深刻，所概括的内容也就更为广泛。这种广泛性是从现代科学技术的发展，尤其是新兴的知识工程的发展中抽象和概括而得来的，有着坚实的基础与充分的根据。在我们阐明了开放的特殊复杂巨系统属于系统分类中的最高层次之后，实际上就把系统科学与人工智能两大领域明显地加以沟通。这样一来各种以知识为特征的智能型系统，如互相合作的人工智能系统、分布式人工智能系统以及实时智能控制系统等都属于一个统一的、明确的范畴。这就有利于去建立开放的复杂巨系统的理论基础，这是当代科学发展的必然结果。

六、开放的复杂巨系统研究的意义

从以上所述，从定性到定量的综合集成方法，概括起来具有以下特点：

1. 根据开放的复杂巨系统的复杂机制和变量众多的特点，把定性研究和定量研究有机地结合起来，从多方面的定性认识上升到定量认识。

2. 由于系统的复杂性，要把科学理论和经验知识结合起来，把人对客观事物的星星点点知识综合集中起来，解决问题。

3. 根据系统思想，把多种学科结合起来进行研究。

4. 根据复杂巨系统的层次结构，把宏观研究和微观研究统一起来。

正是上述这些特点，才使这个方法具有解决开放的复杂巨系统中复杂问题的能力，因此它具有重大的意义，以下将着重讲讲这个看法。

现代科学技术探索和研究的对象是整个客观世界，但从不同的角度、不同的观点和不同的方法研究客观世界的不同问题时，现代科学技术产生了不同的科学技术部门。例如，自然科学是从物质运动、物质运动的不同层次、不同层次之间的关系这个角度来研究客观世界的，社会科学是从研究人类社会发展运动、客观世界对人类发展影响的角度去研究客观世界的，数学科学则是从量和质以及它们互相转换的角度研究客观世界的……[10]；而系统科学是从系统观点，应用系统方法去研究客观世界的。系统科学作为一个科学技术部门，从应用到基础理论研究都是以系统为研究对象。在宏观世界，我们这个地球上，又产生了生命、生物，出现了人类和人类社会，有了开放的复杂巨系统。而这类系统在宇观世界也是存在的，例如银河星系也是一个开放的复杂巨系统。这样看来，开放的复杂巨系统概念，已经超出了宏观世界而进入了更广阔的天地。因此，开放的复杂巨系统及其研究具有普遍意义。但是，正如前面已经指出的那样，过去的科学理论都不能解决开放的复杂巨系统的问题，这也是有原因的，可以从历史中去找。

大家知道，长期以来不同领域的科学家们早已注意到，在生命系统和非生命系统之间表现出似乎截然不同的规律。非

生命系统通常服从热力学第二定律，系统总是自发地趋于平衡态和无序，系统的熵达到极大。系统自发地从有序变到无序，而无序却决不会自发地转变到有序，这就是系统的不可逆性和平衡态的稳定性。但是，生命系统却相反，生物进化、社会发展总是由简单到复杂、由低级到高级越来越有序。这类系统能够自发地形成有序的稳定结构。

两类系统之间的这种矛盾现象，长时间内得不到理论解释，致使有些科学家认为，两类系统各有各的规律，相互毫不相干。但也有些科学家提出：这种矛盾现象有没有什么内在联系呢？直到本世纪60年代，耗散结构理论和协同学的出现，为解决这个问题提供了一个科学的理论框架。这些理论认为，热力学第二定律所揭示的是孤立系统（与环境没有物质和能量的交换）在平衡态和近平衡态（线性非平衡态）条件下的规律。但生命系统通常都是开放系统，并且远离平衡态（非线性非平衡态）。在这种情况下，系统通过与环境进行物质和能量的交换引进负熵流，尽管系统内部产生正熵，但总的熵在减少，在达到一定条件时，系统就有可能从原来的无序状态自发地转变为在时间、空间和功能上的有序状态，产生一种新的稳定的有序结构，Prigogine 称其为耗散结构。这样，在不违背热力学第二定律的条件下，耗散结构理论沟通了两类系统的内在联系，说明两类系统之间并没有真正严格的界限，表观上的鸿沟，是由相同的系统规律所支配。所以，Prigogine 在其著作中指出，“复杂性不再仅仅属于生物学了，它正在进入物理学领域，似乎已经植根于自然法则之中”[11]。Haken 更进一步指出，一个系统从无序转化为有序的关键并不在于系统是平衡

和非平衡，也不在于离平衡态有多远，而是由组成系统的各子系统，在一定条件下，通过它们之间的非线性作用，互相协同和合作自发产生稳定的有序结构，这就是自组织结构。

现代科学20年来的这一成就是十分重要的，它阐明了长期以来困惑着人们的一个谜。但耗散结构理论、协同学的成功，也使得不少人过分乐观，以为这种基于近代科学还原论的定量方法论也可以用到开放的复杂巨系统，从而碰壁！

在科学发展的历史上，一切以定量研究为主要方法的科学，曾被称为“精密科学”，而以思辨方法和定性描述为主的科学则被称为“描述科学”。自然科学属于“精密科学”，而社会科学则属于“描述科学”。社会科学是以社会现象为研究对象的科学，社会现象的复杂性使它的定量描述很困难，这可能是它不能成为“精密科学”的主要原因。尽管科学家们为使社会科学由“描述科学”向“精密科学”过渡作出了巨大努力，并已取得了成效，例如在经济科学方面，但整个社会科学体系距“精密科学”还相差甚远。从前面的讨论中可以看到，开放的复杂巨系统及其研究方法实际上是把大量零星分散的定性认识、点滴的知识，甚至群众的意见，都汇集成一个整体结构，达到定量的认识，是从不完整的定性到比较完整的定量，是定性到定量的飞跃。当然一个方面的问题经过这种研究，有了大量积累，又会再一次上升到整个方面的定性认识，达到更高层次的认识，形成又一次认识的飞跃。

德国著名的物理学家普朗克认为：“科学是内在的整体，它被分解为单独的整体不是取决于事物的本身，而是取决于人类认识能力的局限性。实际上存在着从物理到化学，通过生

物学和人类学到社会学的连续的链条，这是任何一处都不能被打断的链条。”自然科学和社会科学的研究覆盖了这根链条，伟大导师马克思早就预言：“自然科学往后将会把关于人类的科学总括在自己下面，正如同关于人类的科学把自然科学总括在自己下面一样：它将成为一个科学。”[12]，我们称这种自然科学与社会科学成为一门科学的过程为自然科学与社会科学的一体化。可以说，开放的复杂巨系统研究及其方法论的建立，为实现马克思这个伟大预言，找到了科学的和现实可行的途径与方法。

在结束这番讨论的时候，我们还要指出：这里提出的从定性到定量的综合集成方法，不但是研究处理开放的复杂巨系统的当前唯一可行的方法，而且还可以用来整理千千万万零散的群众意见，人民代表的建议、议案，政协委员的意见、提案和专家的见解，以至个别领导的判断，真正做到“集腋成裘”。特别当我们引用它把零金碎玉变成大器——社会主义建设的方针、政策和发展战略，以至具体计划和计划执行过程的必要调节调整时（这在本文第四节讲的实例中已见一个小小的开端），就把多年来我们党提出的民主集中制原则，科学地、完美地实现了。其意义远远超出科学技术的发展与进步，这是关系到社会主义建设以至实现共产主义理想的大事了。人民群众才是历史的创造者！

参 考 文 献

〔1〕钱学森等，《论系统工程》（增订本），系统科学与系统工程丛书，湖南科学技术出版社（1988）。

〔2〕钱学森,《哲学研究》,10(1989)3。

〔3〕*New Scientist*,21 Jan.(1988)68.

〔4〕钱学森、孙凯飞、于景元,《政治学研究》,5(1989).

〔5〕Forrester J. W., *Theory and Application of System Dynamics*, New Times Press(1987).

〔6〕王存臻、严春友,《宇宙全息统一论》,山东人民出版社(1988)。

〔7〕Hedges L., Olk I., *In Statistical Methods for Meta-Analysis*, Academic Press(1985);

Wolf F. M., *Meta-Analysis: Qualitative Methods for Research Synthesis*, Sage(1986);

Rosenthal R., *Meta-Analytic Procedures for Social Research*, Sage(1984);

Light R., Pillemer D., *Summing up: the Science of Reviewing Research*, Harvard University Press(1984).

〔8〕王珏、崔祺,《中国计算机用户》,8(1989)22。

〔9〕戴汝为,《中国计算机用户》,8(1989)14。

〔10〕吴义生编,《社会主义现代化建设的科学和系统工程》第六章,中共中央党校(1987)。

〔11〕尼科里斯、普利高津,《探索复杂性》,四川教育出版社(1986)。

〔12〕马克思,《经济学—哲学手稿》,人民出版社(1957)91。

一代楷模　风范永存*

钱学森

今天，首都的科技界、教育界和其他方面人士一千余人在这里隆重集会，纪念我国卓越的地理学家、气象学家竺可桢诞生一百周年，一起缅怀这位对我国科学事业、教育事业作出重大贡献的科学家的光辉业绩。在这里我十分荣幸地代表中国科学技术协会、中国科学院、国家自然科学基金委员会、国家气象局和浙江大学，向大会作纪念我所尊敬的长者竺可桢教授的报告，表示我们对前辈的崇敬。

竺可桢是我国近代科学家、教育家的一面旗帜，气象学界、地理学界的一代宗师，献身共产主义事业的一名忠诚战士。说他是我国近代科学家、教育家的一面旗帜，是因为竺可桢几十年如一日，为发展我国科学事业和教育事业呕心沥血，做出了无私的奉献，取得了重大的业

* 1990年3月7日在竺可桢诞辰一百周年纪念大会上的讲话。

绩，堪为我国科学界、教育界一位楷模；称他是气象学界、地理学界的一代宗师，是因为他奋力为我国近代气象学界、地理学界培养了早期一批人才，并为这两门科学事业的发展起到了引路和奠基的作用；称竺可桢是献身共产主义事业的一名忠诚战士，是因为他经过长期努力，终于从一个民主主义者转变为一个具有崇高的共产主义理想，并愿为此奋斗终生的共产主义者。他为我们树立了一个拥护中国共产党，坚决走社会主义道路，以自己的知识和才能服务于祖国和人民，把自己的本职工作和共产主义伟大目标很好结合起来的光辉榜样。

竺可桢字藕舫，于 1890 年 3 月 7 日出生于浙江省上虞县[①] 东关镇一商人家庭里。他自幼好学，爱好自然科学，逐渐萌发了科学救国的思想。他从上海澄衷学堂转学到复旦公学(复旦大学前身)，1909 年又进入唐山路矿学堂(西南交通大学前身)学习土木工程。1910 年竺可桢考取了第二批庚子赔款赴美留学的公费生，到美国求学。他先选择了农学专业，进入了伊利诺大学农学院学习。1913 年毕业后，又选择了当时正在兴起，与农业生产密切相关的气象学，进入了哈佛大学研究院地学系继续深造。1915 年他参加了留美学生组织的以科学救国为主旨的中国第一个科学社团——中国科学社。1918 年他获得博士学位后，怀着报效国家，振兴中华的强烈愿望，立即返回祖国。他先到武昌高等师范学校(即今武汉大学)教地理学，两年后又应聘到南京高等师范学校(即今南京大学)任教授、地学系主任，在我国率先开设地学通论、气象学等课

① 现改为县级市——编者注。

程，培育了我国现代最早一批的气象学家和地理学家。1927年冬，他接受中央研究院院长蔡元培的邀请，开始筹建气象研究所。1928年，气象研究所成立，竺可桢担任所长，开始了我国现代气象学的研究和气象事业的建设。1936年他出任浙江大学校长，八年抗战开始后，在极为艰难困苦的条件下，竺可桢率领全校西迁，四易校址，跋涉五千里，最后定居于黔北遵义，1945年抗战胜利，迁返杭州。在此期间，浙江大学扩充院系，发展科研，成为当时国内外很有影响的一所高等学府，为国家培养和造就了一大批栋梁之才。中华人民共和国成立后，竺可桢出任中国科学院副院长，以后又当选为中国气象学会理事长、名誉理事长，中国地理学会理事长、中国科学技术协会副主席，历任一、二、三、四届全国人民代表大会常务委员会委员，作为一名科技界的代表，直接参加新中国的政权建设，直到1974年2月7日逝世。

从竺可桢一生的实践中，我们可以强烈地感受到一位充满了爱国主义精神的科学家的高风亮节。他从少年时代起，就显示出中华儿女不可侮的民族气概。留学期间，发表了许多旨在扫除封建迷信，提高人民科学素养，发展我国科学事业，振兴中华的文章。从美国获得博士学位回来后，他鄙视有的人以谋求一官半职为荣，也不羡慕有些同学弃学经商走个人富裕之路。他仍然坚持科学救国的初衷，先后应聘到武昌和南京两个高等师范学校教书并从事学术研究，培养了一大批发展科学和教育事业的人才。在主持气象研究所期间，他奋力抵制帝国主义势力的控制，独立自主地发展我国气象事业。面对帝国主义分子对中国人民的霸道和歧视，他奋发图强，亲自讲课，

培训了一批气象观测人员，并以极有限的经费，在全国许多地方包括拉萨在内，设立了观测台站，进行气象观测，逐步取代了被外人控制的海关气象站。在气象研究所发展了高空探测、物候观测、日射观测、空中电气观测、微尘观测，开展天气预报和无线电气象广播等业务。从1930年元旦起，结束了在中国领土和海域全由外国人发布天气预报和警报的历史，同时抵制了帝国主义分子的阻挠，从那时起，我国的气象记录不用英制，改用国际上的公制，为独立自主地发展我国气象事业走出了重要的一步。同时，竺可桢带头发展起我国的气象学研究，经过约10年的努力，气象研究所无论在业务范围，学术水平，国际影响等方面都远超过了外国人在华所办气象台，成为我国气象事业的摇篮。

竺可桢在教育事业中同样贯穿了爱国主义精神。他在担任浙江大学校长期间，以“求是”为校训，既重视求知，又重视育人，新生入学，他总要对学生进行人生观的教育，要求学生以天下为己任。他问新同学：“诸位来校，有两个问题应该自己问问，第一，到浙大来做什么？第二，将来毕业后要做什么样的人？”竺可桢自己回答说：“第一，诸位求学，应不在科目自身，而是要训练如何能正确地训练自己的思想；第二，我们人生的目的是在能服务，而不在享受”。他还经常向学生宣传古今中外科学家不畏强暴，为真理献身的科学精神，借用越王勾践卧薪尝胆的故事，激励学生奋发图强，共同对敌的爱国主义气概，积极关心和支持学生的爱国抗日活动。

竺可桢从自己长期的实践中逐渐领悟到，只有在中国共产党领导下的新民主主义革命，才是中国唯一的希望。抗日战

争时期，为了使科学技术工作者更好地组织起来，"以服务于我们的国家民族"，在党的影响下，成立了中国科学工作者协会，他被选为理事长。解放前夕，他拒绝了国民党政府要他到台湾去的指令，独自到上海隐居起来，迎候解放。中华人民共和国成立前夕，他应邀参加了在北平举行的全国自然科学工作者代表大会筹备会议和中国人民政治协商会议。竺可桢以满怀喜悦的心情迎接新中国的诞生，并以高度的爱国心和责任感接受了中国科学院副院长的任命。竺可桢十分关心祖国的统一大业，他诚恳地希望在台湾省的故旧和学生，早日回到祖国的怀抱里来，在团结海内外华人方面做了许多工作。关于中印、中苏边界问题，他作为一位地理学家，亲自查阅了大量资料，提出各种佐证，支持中国政府维护国家主权的严正立场。

竺可桢在从事科学研究时，爱国主义精神往往成为他的出发点。1944 年针对当时国际上 100 多年来存在着有关二十八宿究竟起源于中国还是巴比伦、印度的学术争论，事关中国，而中国又无人参与争议的情况，竺可桢发表了《二十八宿起源之时代和地点》，有力地证明了二十八宿起源于中国，使国际科学史上对这一重大问题的认识趋于一致，同时也弘扬了我国古代文化。他从 20 年代起到 70 年代逝世前为止，一直坚持关于中国历史上气候变化的研究，充分发掘我国极为丰富的典籍中蕴蓄的有关资料，古为今用，在研究现代科学问题上发扬我国古文化的优势，以利于掌握今后气候变化的趋势，服务于我国国民经济的发展，造福于人民。

竺可桢爱祖国、爱人民的思想感情相应地关联着他对科

学研究方向的主张。他在担任中国科学院副院长以后，坚持科学研究必须首先面向生产实践同时重视基本理论研究的正确方向。早在1950年，他就指出："新中国发展科学的道路向哪个方向走呢？第一，我们必须使理论与实践结合，使科学真能为工农大众服务；第二，我们必须群策群力，用集体的力量来解决眼前最迫切需要解决的重大问题；……"对于国民经济中的重大问题，作为地理学家和气象学家的竺可桢，最为关心而且用力最多的是农业问题。竺可桢说过，地质学注重于地下资源，其服务对象主要是工矿企业；而地理学则研究地表，注重水利资源、气候资源、土壤资源和其相关的生物资源，其服务对象主要是农业和交通。竺可桢这方面的学术思想为我国地理学的发展指出了方向，同时也使得他自己成为关心农业生产，面向农业服务的典范。

针对我国人口多、土地资源少的特点，竺可桢主张通过自然资源调查，科学地开垦荒地，扩大耕地面积。他反对滥砍滥伐，反对那种不顾生态环境平衡，生产上不加严密管理的乱垦乱伐现象。竺可桢曾举出陕北榆林城三迁的例子。榆林地区原是一个天然的草原地区，适宜于畜牧业生产。18世纪末由于人口增加，开垦种地，既不灌溉，又不施肥，几年后即抛荒另辟新地，以致草原被毁，就地起沙，逼使榆林城关三次向南迁移。他对黄河中游黄土高原地区在陡坡上开垦，"山上开荒，山下遭殃"，造成严重水土流失也提出尖锐的批评意见。

竺可桢作为一位地理学家，力主农业生产必须因地制宜，充分利用自然资源。我国与美国相比，南部边疆更接近赤道，大凡美国可以培植的作物几乎在我国均可生长，有的热带作

物如橡胶、咖啡在美国难以繁殖，而在我国海南岛等地则生长良好。我国太阳年总辐射量也超出西欧和日本，从气候资源相当丰富来看稻麦单位面积产量有可能居于世界前列。问题是我们必须做到地尽其利，合理布局。在竺可桢领导下，中国科学院开展了自然区划研究，以后与有关部门一起，又进行了农业区划工作，为农业生产遵循因地制宜原则提供了科学根据。

竺可桢又强调农业生产必须因时制宜，不误农时。在他的积极建议下，我国的农业气象研究有了很大的开展。为了掌握生态环境和气候变化的直接关系，竺可桢从20年代起就坚持进行物候观测，根据所得的第一手资料，通过潜心研究，和宛敏渭一起，编著了我国第一本《物候学》。竺可桢积几十年之研究，指出了我国物候东西、南北和高低之间存在的差异。在他倡导下，全国组织起物候观测网，在一些地方作出了物候季节的划分和自然历，有利于不误农时地指导农业生产。

竺可桢在中国共产党八届十中全会关于以农业为基础，以工业为主导的发展国民经济总方针的鼓舞下，深感科学家支援农业的重要。他除了直接过问地学、生物学的研究所，组织好为农业服务的研究课题以外，自己又率先研究和粮食生产直接相关的气候资源，提出了“论我国气候的几个特点及其与粮食作物生产的关系”的论文，充分论证了我国发展粮食生产的有利条件，受到了学术界和农业部门的高度重视。

竺可桢不仅关心我国农业生产的发展，而且十分强调开展自然保护工作。早在1963年的全国人民代表大会上，由他领衔向大会作了呼吁加强我国自然保护的联合发言，要求政府采取措施，防止自然界衰退，免于引起生态环境的恶化。

竺可桢在中国科学院工作期间，开创了自然资源综合考察工作。在1966年以前，除了西藏自治区和台湾省以外，几乎遍布他的足迹。他在多年的野外考察中，针对自然资源利用中存在的关键问题，提出了认识自然，保护自然的具体建议。1955年，为了摸索黄河中下游水土保持的具体办法，他乘着羊皮筏，不顾黄河水急浪高，亲自进行调查研究，提出必须采取农、林、牧、水等综合措施，进行由上到下的全面治理，以分散径流，保持水土。他屡屡引用历史教训，告诫山地利用必须以牧业林业为主，如果大面积开垦，必定导致严重的水土流失。为了讨论扩大天然橡胶种植的可能性，1957年他到雷州半岛和海南岛实地考察，在比较了当地和原产地气候条件的异同后，认为必须根据巴西橡胶生态习性来确定我国种植范围。1959年，竺可桢沿着包兰铁路，到内蒙古、宁夏和甘肃三省区考察，发现沿途流沙覆盖路面，威胁农田，而且增加了黄河的输沙量。他在考察中发现，是人为的滥砍滥伐，引起了风沙增加。当时在他倡导下建立的闻名于中外的沙坡头试验站，经过30余年的不懈努力后，不但成为成功治理沙漠的一个样板，保障了包兰铁路通行无阻，同时已成为干旱地区的花果乐园，犹如一颗明珠镶嵌在腾格里沙漠的边缘上。

竺可桢多次发表他对大自然内在规律的见解。他认为，大自然中各种因素都是互相制约、互相作用，具有一定的规律性。对自然界采取措施，必须首先掌握自然界变化的规律。否则，就会使自然走下坡路，甚至受到自然的惩罚。具体说来，他的自然观包括四点见解：(1)了解自然是为了利用和改造自然；(2)利用和改造自然，必须了解自然的规律性，进行基础性

研究;(3)利用和改造自然的认识,必须是全面和综合性的;(4)利用、改造自然,要防止自然走下坡路,要保持和保护自然界的生态平衡。竺可桢离开我们已经16年了,他的这些观点已被越来越多的人们理解和接受。保护环境,保持生态平衡,造福子孙后代已成为当今社会发展的主要内容。

竺可桢十分关心我国的人口问题。早在1926年我国人口为四亿三千多万时,他在分析了我国当时生产水平、自然资源、人口分布状况,并同世界各国情况作了比较后指出:“人口问题之严重,则尤以我国为甚。”在1955年7月召开的全国人民代表大会浙江省小组会上,他和马寅初、邵力子等力主应重视我国人口问题,认为“国家对于人口应有个政策,不能任其自由发展”。

竺可桢作为一位有影响的科学家,他在科学事业上的成就应该包括三个组成部分。首先是他积极从事的科研成果,例如气候变化、农业气候和科学史研究等。其次是他作为新中国科学事业的领导人之一,所进行的富有成效的科学组织工作,例如自然资源综合考察,为农业生产服务等。还有一部分就是他毕生提倡,又是身体力行的科学普及工作成就。早在1916年,竺可桢留美学习期间,开始在《科学》杂志上发表文章,进行科学宣传普及。以后随着他科学研究的进展,不断地进行科学普及工作。例如他晚年的力作《物候学》,既是一本研究物候的专著,具有较大权威性,同时又是科学普及的杰作,读者读了以后,不仅知道研究物候的意义,而且掌握观测物候的具体方法,可以研究当地的物候。有的地方的中学生按书上要求去研究,所得结果还曾被评为地区科技一等奖。竺可桢一生著作

有近300篇，据有人统计，科普方面作品就有68篇，由此可见，竺可桢在宣传科学知识，促使科学大众化方面花费了多少精力！

竺可桢一辈子爱祖国，爱人民，爱科学，矢志于发展祖国的科学和教育事业，振兴中华。但是，旧中国历届政府无不使他大失所望，在中华人民共和国成立以后，工农业和科学教育事业的迅速发展，使他认识到，只有在中国共产党领导下走社会主义道路，中国才能走上繁荣富强的康庄大道。他的一生经历，促使他思想上发生了飞跃，从一个民主主义者，演变成为愿为共产主义事业奋斗终身的共产主义战士。竺可桢在1962年光荣地加入了中国共产党，以他自己的话说，“终于找到了自己的归宿”。入党以后，他更加严格要求自己，把爱祖国、爱人民、爱科学作为对自己的基本要求，持之以恒。竺可桢又爱憎分明，坚决抵制对新中国伟大成就的攻击和污蔑。1968年在科学院所谓两条路线斗争座谈会上明确表示“在十余年中，科学技术进步之速前所未有，科学真正在我国落地生根是解放以前所梦想不到的，这怎能认为不是红线主导而是黑线主导呢？”1972年，竺可桢在给一位一起留美的老人的信中抒发了对社会主义祖国的无限热爱。信中说：“我们应达观为怀，有生必有死，这是科学的规律。我们生活在这一伟大的时代，我们生逢其时，一生可以胜过古代千载，我们是多么幸福啊！”竺可桢为人民的科学事业作出了杰出贡献，人民将永远怀念这位充满爱国主义的人民科学家。

同志们！竺可桢作为楷模的风范将永远激励着我们，他为我国科学和教育事业奋斗终生鞠躬尽瘁的崇高精神是我们科

技战线学习的好榜样。今年是鸦片战争150周年，想想这150年中国的变化，那么我们今天纪念竺可桢，就是要学习他爱祖国，爱人民，一心振兴中华的爱国精神；学习他一生热爱科学，追求真理，不断进步，勇于攀登科学新高峰的高贵品质；学习他不盲从、不附和、不武断、不蛮横，实事求是的科学态度；学习他亲自动手，深入实际，持之以恒的治学方法。我们相信，在以江泽民同志为核心的党中央的领导下，继续贯彻党的"一个中心，两个基本点"的基本路线和各项方针政策，按照党的尊重知识，尊重人才的方针，在大力发展我国科技和教育事业过程中，必将有更多的竺可桢式的科学家涌现出来，共同为发展我国经济，建设具有中国特色的社会主义，攀登科学技术高峰作出更大的贡献。

要从整体上考虑并解决问题*

钱学森

我认为，马克思列宁主义、毛泽东思想要求我们从整体上考虑并解决问题。下面就从这个角度讲四个问题。

第一个问题，关于科学技术是第一生产力。中共中央总书记江泽民同志去年12月19日在全国科学技术奖励大会上讲了科学技术是第一生产力的问题。我想科学技术不是自然而然地就成为生产力，要有一个促使科学技术成为第一生产力的环境，或者用马克思的话说，就是社会形态，也就是我们现在常说的国内环境。现在我们的社会形态距理想实在太远了。我不是说一项一项的具体事情，一项一项的成绩是很大的，但是从整体上说，浪费太厉害了，效率太低了。这实在令人担忧。我们一定要治理整顿，深化改革，而这里最重要的是要从整体上考虑，而

* 原载《人民日报》1990年12月31日第三版。

不是就个别的问题而言。

再有，跟这个问题有关的一件事，就是赵红州和蒋国华在《科技导报》1990年第1期上提出的科学的帅才。我想我们大约应该有200位左右的科技帅才。科技帅才不但要是一个方面的专家，而且要能看到现代科学技术发展的全貌，并且能够联系到经济、政治和社会来考虑问题。要解决好我下面提到的三个问题，都需要科技帅才。

第二个问题是要研究如何把人造地球卫星技术用于建立21世纪的社会主义中国。要发挥我国卫星技术的优势，但是我觉得这个问题应该从高层次来研究，不能只靠行业的专家们来议论、咨询。行业的专家对自己这一行的知识很渊博，知道别的先进国家过去和现在的情况、经验和成就，也知道我们的差距，因此能提出怎样赶上去的措施和计划。但是，我认为这不是全局。资本主义国家的领导人，在全局的问题上也是不行的，也往往是短期行为，在关系到科学技术的重大决策问题上犯过很多错误，其原因就是没有考虑全局。我觉得在这个问题上，我们首先要考虑到21世纪的世界，还要看到下个世纪中叶我们要走好社会主义初级阶段建设第三步的问题，也要看到21世纪后半叶要干的事情。这样，我们才能把问题讲清楚，制订一个最有效的战略和计划。这些事情虽然可能是几十年乃至一百年以后的事情，但是现在就要考虑了。比如说，从现在到下个世纪中叶以后，假如我们要在世界有竞争能力的话，我认为每个中国人都应该是硕士文化水平。现在我们说的九年制义务教育是不够的。但是我觉得总结我们过去的经验，完全可以提高教育的效率。4岁就上学，我看经过14年到18

岁，就可以达到硕士水平。比如说数学，过去若干年中国科学院心理研究所刘静和大姐进行了大约上千个实验班的实验。她在小学就开始教数学，很成功，就是用新的方法。不要看不起小娃娃，小娃娃聪明得很，只要你教得对头，他们的进步是很快的。所以，4 岁上学，18 岁达到硕士水平并不是不可能的事情。当然，还要想到我们的教师队伍等问题怎么办。我想卫星技术可以帮大忙，就是利用电化教育的手段。国家教委副主任朱开轩同志是研究电化教育的。他曾经对我说："电化教育的潜力大得很。"假设我们用先进的技术，像通讯卫星应用技术，有些现在认为做不到的事情就可以做到。

关于人造卫星技术怎样为 21 世纪社会主义中国的建设服务的问题，我觉得要研究。我建议，要用社会系统工程的方法来研究这个问题。专家的意见要吸收，要很好地听，但是不能只靠专家的意见。要用从定性到定量的综合集成的方法，最后要定量，要有一个飞跃，从整体上考虑问题。这也就是我说的总体设计部的概念。这是第二个问题。

第三个问题，我觉得在有了这样的工作经验之后，我们可以研究几个大问题。比如，科学技术面向 21 世纪的问题；中国现代化的战略问题等。我举几个例子。第一个例子，就是综合开发能源、化工、冶金、建材的问题。把这几个方面联合起来综合考虑，研究这几个方面综合生产的科学技术。对这些方面的建议很多，比如，原来冶金工业部的副部长、总工程师陆达同志最近就有一个建议，认为现在用高炉炼铁再用平炉、转炉炼钢的方法效率太低了。所以提出不用焦炭，叫做熔融还原炼铁的新技术。江泽民总书记到太原去看过的，李双良创造的钢渣

利用也很了不起，他联系到建筑材料等，发挥了多种效能。我们把这些看到的东西，还有许多外国已经进行的一些实验加以总结。还要站得更高一点，把能源、化工、冶金、建材综合起来统一考虑，我想这是21世纪的一个发展方向。

第二个例子，开发地下矿藏，现在多半是人要下矿井；但从安全、效率等方面考虑，这恐怕不是最先进的方法。虽然多少世纪以来我们祖先就是这么干的，但是从今天的科学技术考虑，恐怕要另外找出更安全、效率更高的办法。有的同志也许会说，人不下去当然行了，可以让机器人下去。但是我觉得，这恐怕还不是最有效的办法。我在前年到大庆市去学习，给了我很大启发。大庆采油的科学技术是可以推广的。结合过去已经有过的、很简单的方法，像地下食盐，用打井、灌水的方法把盐提上来，这个很简单。美国人也做过地下提取硫磺矿，打井下去，用热水注下，把硫磺化了，提上来。像大庆石油这套开发技术，他们把地下的事情摸得很清楚，然后用物理、化学的方法把石油抽上来，人可以不下去。石油可以这样办，我想其他的矿产也可以这样办。苏联在50年代做了很多煤在地下气化的工作。这些都是可以考虑的。我们要研究这个技术，现在就要研究。因为刚才说的这些事情都不是一说就能做到的。还要做大量的工作，要一点点摸索，做试验。这个工作一旦做成了，就会使我们整个的生产技术大为改观。

我再举一个例子，就是地理科学这个概念。这个问题实际上竺可桢这位老前辈早就提过。地理不完全是自然科学，地理是自然科学和社会科学的结合，要考虑社会建设的环境，这就是地理科学的任务。他当时说是地理学，我这里改成地理科学

的任务。我们国家要建设，怎样改进生产和生活的环境，这就是地理科学的任务。我提出以后，曾经请教我国的地理学专家们，中国科学院和国家计委的地理研究所原所长黄秉维同志就很赞成。我觉得21世纪的世界，是整个集体化了的世界，所以从东亚西太平洋到欧洲大陆桥的问题恐怕就提上来了。从东亚到西欧的大陆桥是要经过我国的。我们应该考虑如何建设这个大陆桥，也就是港口、铁路等。这也是地理科学的一个问题，或者说是我们国家的地理建设的问题。

第四个问题，提到理论的高度去看，就是科学方法问题。这是一个基础性问题。从上面讲的这些具体要研究的科学技术问题，可以说都是非常复杂的。我们搞系统学的人，把它称为开放的复杂巨系统。这里有个特点，就是这些系统不能用近代科学都习惯于用的还原论的方法，即培根的科学研究哲学。这个方法是把一个问题进行分解，如果觉得还太大，再分解，一点一点地分解下去，直到问题获得解决。这个方法是可以解决一些问题的。对于认识客观世界的许多深层次的问题，是需要这样解决的。但是像刚才说的那些问题，那么复杂，你把它一分解，要紧的东西都跑了，没有了。现在世界各国也慢慢认识到这个问题。他们也提出所谓复杂性问题，但是我看他们的理论并不高明，因为他们没有马克思主义哲学。他们一说，就说复杂性怎样认识？结果就要人来认识，弄来弄去，就是强调人的主观作用；强调来强调去，就把不以人的意志为转移的客观存在这个物质给丢了。所以，我们现在有一些人叫实践唯物主义，但我看还是坚持辩证唯物主义为好。当然，还有另一个极端，认为复杂也可以分析嘛！用分析的方法也可以把这个系

统搞出来嘛！这样认识以后，就向这个方面去努力，结果认为自己已经抓住了整个世界的复杂性，因而有所谓宇宙全息论。这是什么意思呢？是说好像已经抓住了整个世界这么一个复杂结构的道理，因此只需要推论就可以了。这也不对呀！这跟黑格尔的绝对精神一样，成了客观唯心主义了。人认识客观世界是一个无穷无尽的过程。客观世界是不以人的意志为转移的客观存在。人是要通过实践来逐步认识这个客观世界的。复杂性的问题在这一点上就特别突出，任何人通过实践得到的认识是不全面的；要尽量地把许多人的认识综合起来，把它形成一个整体的东西。这一步是毛泽东同志所说的：从感性认识提高到理性认识。但是，即便到了理性认识以后，认识过程并没有完，还要去实践，再来进一步地修改原来的认识。这是一个没完没了的过程。所以我们应该用开放的复杂巨系统的观点，用从定性到定量的综合集成方法来研究整体性的问题。刚才说的地理系统就是这样。地理系统不是现在很时髦的生态系统，比生态系统还要复杂。生态系统只讲了自然环境。其实人在里面已经影响了生态环境，已经把自然环境改造了。人要考虑的是，怎样改造自然环境，使之更适合于人类的生存。所以地理系统就是一个非常复杂的系统。社会也是非常复杂的，社会系统当然是非常复杂的系统。

在科学技术内部，也有一个非常复杂的问题：人本身就复杂得很。为什么会有人体特异功能，说不通呀！但是它有。这就不是一个简单问题，还要研究嘛！还有，最近我跟物理学家陈能宽同志研究过，现在常温核聚变或称"冷聚变"吵得一塌糊涂；对此我们也做了实验，是有的。这也是一件怪事。我说所

有这些怪事，只要出现一次，出现第二次，出现几次，就一定要研究。“见怪不怪，其怪自败”，你得研究这个问题。不能因为它怪，就把它否定了，根本不去考虑它了。这些，我觉得从理论上说就是因为它复杂，它超出了我们简单的认识所能理解的范围。

所以复杂性的问题，现在要特别地重视。因为我们讲国家的建设，社会的建设，都是复杂的问题。再说人这个问题不搞清楚，医疗卫生怎么解决？所以我觉得，我们现在要重视复杂性的问题。而且我们要看到解决这些问题，科学技术就将会有一个很大很大的发展。我们要跳出从几个世纪以前开始的一些科学研究方法的局限性。我们既反对唯心主义，也反对机械唯物论。我们是辩证唯物主义者。在这方面，我们是居于优势，千万不要妄自菲薄。实际上，毛泽东思想的核心部分就是从整体上来认识问题，把握住它的要害。我想这也可以说是我们党这么多年来领导中国人民进行革命所积累的经验。也可以说，中国革命所取得的这样一个巨大的成绩确实是了不起的。我们这些经验，经过老一代革命家的总结，集中成为毛泽东思想，这就是我们最宝贵的财富。而这样一个哲学思想恰恰正是指导我们研究复杂问题所必需的。

社会主义建设的系统理论和系统工程*

于景元 （中国航天工业总公司710研究所）
王寿云 （国防科学技术工业委员会）
汪成为 （国防科学技术工业委员会）

一、引 言

钱学森、孙凯飞和于景元在《社会主义文明的协调发展需要社会主义政治文明建设》的文章中曾指出，社会主义文明建设包括物质文明、精神文明和政治文明建设，这三个文明建设之间要协调发展。但在那篇文章中，还没有涉及到社会系统环境——地理系统的建设问题。系统科学理论告诉我们，系统与其环境之间也是互相关联、互相制约、互相作用的，它们之间也必须协调发展。去年，钱学森又提出了地理系统及地理建设问题，并说明了社会主义文明建设离不开地理建设，它是上述三个文明建设的基础。

* 原载《科技日报》1991年1月21日、23日。

地理系统也是一个开放的复杂巨系统。由于这个系统时间参数比社会系统大，变化比较缓慢，其效果短时间内显示不出来，因而有关它的建设问题往往不能为人们所全面认识。大量事实表明，忽视地理建设已对社会发展造成了严重后果和威胁，重视和加强地理系统研究、规划和建设，是我们刻不容缓的任务。

这样看来，社会主义建设就不只是三个方面的文明建设，还应包括地理建设。当然，这四个方面建设具有不同的内涵和相互关系，又处在不同层次上。现在的问题是，如何使三个文明建设之间以及它们和地理建设相互配套并持续、稳定和协调地发展，以取得社会系统最好的和长期的整体效益。即钱学森提倡的要从整体上考虑并解决问题。这不仅是个科学理论问题，也是一个科学实践问题。

我国正在进行改革和开放，在体制和机制、政策和法制、规划和计划、发展战略、资源开发、环境保护、人口控制等方面，都提出了一系列重大问题，这些问题无不和上面提到的四个方面建设紧密联系在一起，因此，研究和探索这四个方面建设的相互配套和协调发展，不仅具有理论意义和实践意义，同时还有现实意义。

本文的目的是在马克思主义哲学指导下，应用系统科学理论，特别是钱学森提出的复杂巨系统及其方法论，来探索上述这个极其复杂的问题，同时还说明社会系统工程、地理系统工程以及实现它们的实体机构——系统总体设计部，为解决这个复杂性问题提供一种有效的科学技术方法和实践方法。

二、社会系统环境——地理系统

钱学森等人的文章还谈到，社会系统是以有意识活动的人为子系统而构成的系统。这是迄今为止最复杂的巨系统，因而又称作特殊的复杂巨系统。人类社会系统随着时间的演化就是人类社会发展史。它的发展由低级到高级，由简单到复杂，从政治的社会形态来说，就有原始社会、奴隶社会、封建社会、资本主义社会、社会主义社会，按照马克思主义所揭示的规律，最终将进入共产主义社会。但是，人类的出现、生存与发展都和哺育着我们的地球紧密联系在一起。我们连同自己的血、肉和头脑都是属于和存在于自然界的。

地球的形成、演化和发展已有几十亿年的历史，先从无生命的地球进化到有生物的地球表层，再发展到今天居住着有高度文明的人类的地球表层。科学家把40亿年以来的时期称作地球的地质时期。这个时期的初期，地球地质熔融，喷溢出大量岩浆、气体和水蒸气，形成原始岩石圈（固态）、水圈（液态）、大气圈（气态）。大约30亿年前，广泛分布有机化合物的海洋中，终于合成了生命，这是地球表层进化史上的一次大的飞跃，从而改变了地球表层结构，开始逐渐形成生物圈。大约4亿年前，生物从海洋登上陆地，进入直接接受太阳辐射能的广阔天地，生物种类和数量开始大幅度增加，绿色植物覆盖了地球表层，土壤圈也形成了。陆地出现茂密森林。以后，生物界逐渐进化到现在的动植物区系，种类和数量空前增长。

200多万年前，地球表层又出现了一个大飞跃，这就是人

类出现在地球表层上,构成地球表层的一个新的组成部分。由于人类是以社会方式生产和消费,大范围地改变着物质、能量的流通和转化。特别是科学技术的发展和生产力的提高,人类活动极大地作用于地球表层,改变着它的面貌,而且大大加速了地球表层演化,使它进入了一个新的时期。

从系统科学观点来看,地球表层是一个系统,它包括了非生物、生物和人,三个部分之间互相关联、制约和互相作用。钱学森把这个系统称作地理系统或地球表层系统。这个系统的空间范围上至对流层的上层(极地上空 8 公里,赤道上约 17 公里,平均 10 公里),下至岩石圈上部(陆地下约 5~6 公里,海洋下平均 4 公里)。从随时间演化看,先是以无机过程为特点的自然地理系统,包括岩石圈、水圈、大气圈等,后又进化到以有机过程和生命过程为特点的生态系统,包括土壤圈和生物圈等,最后进化到具有高级思维和意识活动的人类并以社会形态出现的人类社会系统,一个比一个复杂,一个比一个升级,呈现出鲜明的层次结构特点。从物质形态看,有固态、液态、气态三相共存以及它们之间的相互转化,又有无机、有机和生命的共存和相互转化。

除了层次结构特点外,还表现出地理系统内部有多种时间尺度的运动,从微观的秒—厘米量级的物质分子扩散、输运事件到宏观的 10^9 秒——全球尺度的大约百年运动。十几年、几十年的时间尺度是地理系统区别于地球系统或地学系统的特点,后者运动变化,如板块运动,时间尺度要长得多,以亿年计。这也就明确了地理科学与地学的区别,地学属自然科学;而地理科学是自然科学和社会科学的汇合。

地理系统又是开放的，它和外界有物质和能量的交换。它接收来自太阳的辐射能约为 1.73×10^{17}瓦，进入这个系统的地能、潮汐能约有 3.5×10^{13}瓦。此外，还有来自外层空间的各种粒子流，如宇宙线、电磁波，还有如流星、陨石等物体。另一方面，地理系统也有物质和能量输出到宇宙空间去，最大的一项是同太阳辐射能大致相等的红外辐射，以及少量轻质的气体分子溢至大气和外层空间，现在还有人造的空间飞行器被送到外层空间。

从上述地理系统概念中可以看出，它的内涵比现在经常使用的生态系统概念要广泛得多，也比目前国外把地球看成超级生态系统要深刻得多。

人类对地球的探索、开发和利用的研究，虽然由来已久，并形成了不同学科，如地理学、地质学、海洋学、气象学等，但这些学科都是针对地球某一部分分门别类进行研究的。随着这些学科日益深入发展，就越感到孤立地研究某一部分有局限性。例如，大气科学的发展，今天人们已经认识到海气相互作用、陆气相互作用、大气痕量气体的化学过程等，都对大气运动有重要影响。

近些年来，我国科学界已经认识到研究地球不能只限于地球本身，还必须和天文、生物科学联系起来，所以提出了天、地、生三方面综合研究。后来又认识到还必须把人加进来，提出天、地、生、人系统概念。钱学森曾明确提出，以地理系统为研究对象的科学叫地理科学，它是自然科学和社会科学交叉的学科，地理科学如同自然科学、社会科学、系统科学等一样，是一个大的科学技术部门。这是一门既很重要又是社会主义

建设迫切需要的科学。

这里，我们还要提及我国著名的现代科学家竺可桢教授对地理科学的重要贡献。竺可桢教授在我国开拓了地理学、气象学、科学史、自然资源综合考察等许多领域。早在本世纪20年代，他对地理学研究就提出了“组织各种地理上要素成为系统，以人类为前提，而使之贯成一气”，到了60年代，他又明确提出“地理学是研究地理环境的形成、发展与区域分异以及生产布局的科学，它具有鲜明的地域性与综合性的特点，同时具有明显的实践作用，与国民经济建设的各个部门有着极其密切的关系”（见《竺可桢传》）。这些科学见解，早已超出了传统地理学的概念，而更符合现代地理科学的思想。

从上面的论述可以看出，社会系统从地理系统输入物质、能量（当然也从地理系统以外吸取能量，如太阳辐射能），经过加工、处理、转换来满足人类自身发展的需要。同时社会系统也向地理系统输出物质和能量。输入—输出，实际上涉及的就是社会系统和地理系统的相互关系问题，也就是通常所说的人与自然的关系或人与环境的关系。在人类尚处于蒙昧时代，由于对自然界的无知，人类只能被动适应于自然界，听任大自然的摆布。当人类社会经过四次产业革命，科学技术有了很大进步，社会生产力有了很大发展，人类对自然界已由过去的被动适应变成了主动索取和征服。到了20世纪下半叶，特别是最近一二十年，科学技术飞速发展，生产力高度发达，人类向自然界索取的物质和能量越来越多，而且越来越快。同时，向地理系统输出的物质和能量也越来越多（固态、液态、气态），其结果改变着地理系统结构和正常功能，形成了对地理系统

来说的污染，也改变了地理系统和社会系统的互相关联、制约和作用关系，影响和威胁着社会系统本身的生存和发展。今天，人类正面临着一系列来自环境的严峻挑战，其根源皆来自社会系统内部人类本身的活动，例如：

1. 人口激增。由于科学技术的发展，人类改变了过去高出生高死亡的平衡而转变为高出生低死亡的递增。为了获取足够的食物、水以及其他需求，人类必然向地理系统进行大量索取，结果给环境造成了越来越大的压力。

2. 土地沙漠化。为获取食物，全球耕地面积在300年内由4亿公顷扩展到15亿公顷。而另一方面，森林面积急骤减少，目前森林正以1 100万公顷/年的速度从地球上消失，其直接后果是土地沙漠化。目前沙漠化面积已达陆地面积的10%，还有43%土地正面临沙漠化的威胁。

3. 温室效应。化石燃料的燃烧、森林的破坏以及其他工业活动，使大气化学成分发生了明显变化。连续30年的观测表明，大气中二氧化碳含量每年以0.4%的速度增加。据预测，不久的将来全球平均温度将上升2℃，这样的变化将导致全球陆地植被类型和海洋生物物种分布发生显著变化，而这又反过来影响全球气候变化。

4. 臭氧屏蔽的破坏。同温层中的臭氧吸收了99%的高能紫外线。测量表明，1978～1987年全球臭氧浓度平均降低了3.4%～3.6%，1985年在南极上空观测到臭氧空洞。造成臭氧屏蔽破坏的主要原因是人类活动排放到大气中的氟氯烃的光化学反应。臭氧屏蔽的破坏，将对人类和生态系统造成灾难性后果。

5.生态系统的破坏。人口激增和人类活动以直接和间接方式破坏生态系统平衡，其标志是生物物种正以几小时一种的速度从地球上消失，许多生物已濒临灭绝。物种分布的改变及物种灭绝对人类影响如何，今天还不清楚，但产生影响是肯定的。

以上事实表明，人类社会的生存和发展，必须正确地和科学地处理与环境的关系。如果说过去由于无知，人类和环境的关系经历了被动的“服从”到盲目的“征服”，那么，科学技术已有了巨大发展的今天，人类必须调整对环境的关系。我们应从地理系统整体演化规律，系统组成部分相互作用规律，特别是人类活动对地理系统的相互影响出发，来处理社会系统和地理系统的关系，使它们互相协调发展，形成良性循环，实现环境优化。这是摆在全人类面前一项迫切的历史性任务。

三、地理建设和地理系统工程

上一节关于全球层次上的地理系统概念以及和社会系统的关系，同样适用于国家层次和区域层次上的地理系统。但不管在哪个层次上，为处理好两个系统之间的关系，都要进行地理建设。所谓地理建设，就是为使地理系统和社会系统协调发展而进行的人类活动。我国是社会主义国家，我国的地理建设是社会主义地理建设。社会主义地理建设的任务和目标，应使地理系统既能为社会主义文明建设持续稳定地提供物质基础，同时又要利用社会主义物质文明、精神文明和政治文明建设的成就，加强地理建设，两者互相促进，协调发展，达到环境

优化的目的。从这个发展目标来看，我国地理建设还存在许多问题，有的问题已相当严重，如不采取果断措施，必将造成更加严重的后果。

社会主义地理建设，根据钱学森的建议，主要包括以下几个方面：

1. 资源系统建设。资源系统包括地面资源（如土地、森林等）、地下资源（如矿产资源等）、海洋资源、空间资源（如风力、太阳能等）。我国地域辽阔，陆地面积约 9.6 亿公顷，其中耕地面积为 1.36 亿公顷，有林地 1.15 亿公顷，森林覆盖率约 12%，天然牧场 3.53 亿公顷。地下水约 0.8 万亿立方米。我国海岸线长约32 647公里，海域面积大约 473 万平方公里。温带、暖温带、亚热带占国土面积约 69.5%，光热条件优越。我国矿产种类比较齐全，储量较大，就资源种类和总量而言，我国属于资源丰富的国家。但由于我国人口众多，人均资源占有量则较低，和世界各国比较，不仅在资源大国之后，也低于许多发展中国家。这是我国的基本国情。

建国 40 年来，我国在资源勘查、开发和利用方面都取得了很大成绩，为社会主义文明建设作出了巨大贡献。但与四个现代化要求相比，还很不适应，很不协调。存在的主要问题是：(1)资源勘查的科学技术水平较低；(2)开发程度低；(3)开发利用的生产技术和工艺落后；(4)综合开发、利用的能力和水平以及经济效益低，突出表现在海洋开发和矿业开发方面；(5)资源保护差，浪费极为严重。例如，我国每年水土流失量为 50 亿吨，占全世界水土流失量的 21.3%；(6)再生资源的开发和利用落后。我国目前再生资源的开发利用，还没有统一的管

理机构，处于放任自流、政出多头的状态。据统计，我国平均每年有200～300万吨废钢铁、600多万吨废纸、200多万吨废玻璃、70多万吨废塑料、30多万吨废化纤、30多万吨废橡胶、4 000多万吨粉煤灰等，未被回收利用而流失掉；(7)我国资源在管理体制、运行机制上还存在许多不合理、不完善的地方。

2. 能源系统建设。能源系统包括水电、火电、核电、风电、日光电、生物电以及供气等等。我国有丰富的能源资源，但人均能源占有量并不多，而且地理分布很不均衡，能源结构不合理，主要以煤为主，导致能源利用率低，运输紧张，环境污染严重。一次能源转换成二次能源的比例低，发达国家平均为36%，而我国仅为27%，结果造成电气化水平低。人均耗能为世界的1/3，而单位产值耗能却很高，是世界最高的国家之一。农村生活用能75%依靠薪柴和秸秆，年耗薪柴2.7亿吨，结果森林被砍伐、植被破坏、水土流失、生态平衡破坏。另一方面，能源科技(如先进节能技术、核电技术、新能源技术等)又落后于能源发展的需要。

3. 水资源建设。我国水资源也是丰富的，水面广、河流多。每年平均降雨量6万亿立方米，河川径流量为2.6亿立方米，水电、水运发展潜力大，但水资源人均占有量仅有0.27万立方米，相当于世界人均量的1/4，而且分布不均衡，生产力布局和水资源分布不匹配。北方和沿海一些城市缺水日趋紧张，相继出现水危机，水污染也日趋严重。有些地方超量开采地下水，造成地面下沉、海水倒灌。水资源开发利用率低，可开发量为3.8亿千瓦，已开发利用的仅占8%，远低于世界平均水平。内河航道通航能力低，防洪能力差，洪水灾害不断发生。水

产事业、水库养殖面积小。

4.环境保护及绿化。保护环境、维护生态系统平衡，已成为我国社会发展的一个严重问题。主要表现为：(1)植被破坏、水土流失、土壤盐碱化、沙漠化以及气候异常，结果导致农田、森林、草原和江河湖海、地下水生态系统自然生产力下降。(2)农业污染遍及全国。1980 年农业耕地三废污染面积达 404 万公顷，农药污染面积超过 1 300 万公顷。粮食、农副产品质量下降。(3)水质污染严重，废水排放量已达 349 亿吨。532 条河流中，受污染的占 82%，有的河流已完全丧失生态功能。(4)以二氧化硫为主的煤烟型大气污染严重。1987 年统计，烟排放量为1 445万吨，二氧化硫为1 421万吨，特别是大城市更为严重。酸雨遍及 20 多个省、市。(5)城市污染严重。我国 1987 年工业固体废弃物超过8 687万吨，综合利用不到 1/4。1985 年环境监测数据表明，全国 55 个城市颗粒物浓度年平均达 630 微克/立方米，是国外 70 年代浓度值的 10～20 倍。(6)森林大量减少，草原严重退化。草原退化面积 80 年代中期已达 30%，产草量比 60 年代下降 30～50%。环境污染和生态平衡破坏，已对国民经济造成巨大损失。据统计，这方面的损失已达 860 多亿元，严峻的事实是，这个损失还在继续发展。

5.灾害预报和防治。灾害有自然灾害和人为灾害之分，主要自然灾害有暴雨、洪涝、台风、风暴潮、干旱、冷霜等天气和气候灾害；有山崩、滑坡、泥石流、地裂缝、地震等地质灾害；还有农作物和森林病虫害、鼠害、森林火灾等。

我国是世界上蒙受多种自然灾害的国家之一。在灾害防御上，与发达国家相比，我们还有很大差距，主要问题是：(1)

在防灾方面，防灾工程的总体水平低，综合抵御自然灾害能力差。(2)救灾技术基本是空白，主要靠“人海战术”，缺少防灾总体对策和救灾的应变能力。(3)对灾害的监测能力低，监测系统、信息处理系统和实验系统很不完善。

人为灾害如火灾、爆炸事故等。我国每年火灾的损失就达8亿元人民币，我国人为灾害的频率很高，但至今还没有引起人们足够的重视。

6. 城镇及居民点建设。城市发展对繁荣城乡经济、促进社会主义物质文明和精神文明建设发挥着重要作用。但是，我国还没有完善的大城市、中等城市、小城市和建制镇的城镇体系，城市建设落后于城市的发展。此外，还面临着下列问题：(1)城乡环境质量差，基础设施严重落后，普遍超负荷运转。城镇体系和一些城市的布局不合理，城市现代化水平和承载能力低。全国200多个城市缺水，40多个城市严重缺水，因供水不足，每年全国造成经济损失近200亿元。一半县城没有供水设施，40%农民没有卫生的饮用水。全国城市建成区内有一半以上没有排水设施，不少大城市下水道普及率仅30%；全国434个城市有燃气设施的不到10%，全国城市用气人口不到城市总人口的33%(发达国家在80%以上)；各种交通方式和工具之间缺乏合理衔接，城市交通拥挤，全国实际的城市人均道路面积不到发达国家的1/4，50%左右村庄到城镇没有铺设道路。(2)城乡居住条件差，城市住宅严重短缺，无房、缺房和不方便户达20%以上。(3)建筑工程质量差，1988年全国抽查，房屋建筑工程质量合格率不到50%。(4)管理体制不合理，城镇建设缺少科学的总体规划。

7.人口控制。我国总人口已突破11亿,现在每年平均仍以1 500多万人口的速度继续增长。众多人口已给我国社会经济发展造成了严重困难,也给生态平衡带来了严重威胁。

地理建设还包括气象事业、交通运输(如铁路、公路、河运、海运、民航等)和信息通信(如电话、电报、光缆、无线电通信、卫星通信、导航等)。如果目光放开到21世纪,那么还有农产业、林产业、草产业、海产业、沙产业等产业的基本建设以及航天事业需要的测报"天象"事业的建设。

建国40年来,虽然我国的地理建设取得了巨大成就,能以全世界7%的土地面积养育了全世界22%的人口,这是世界公认的,党和政府对地理建设历来也是重视的,把保护环境、控制人口增长、实行计划生育作为基本国策。但是,从上面所述的情况来看,我国地理建设的水平还是比较低的,适应不了社会经济发展的需要,同时又给环境带来了越来越严重的压力。这些事实表明,我国社会主义地理建设的任务还相当艰巨。

造成我国地理建设落后的原因是多方面的,例如,资金、人力、物力、科技投入不够,管理体制不合理,运行机制不协调。但最主要的原因恐怕是没有互相协调发展的总体战略以及互相配套的方针政策。过去,以部门为主的行业规划和政策以及以地方为主的区域规划和政策比较多,都希望自己达到最优,作为整个国家来讲,却缺乏总体分析、总体设计、总体协调和总体规划,以及相应的配套政策,结果是各部门各地方达不到最优发展,国家也没有最优发展。例如,我国经济发展过去注重速度和产值,结果形成了高消耗低效益的粗放型经济。

以过分消耗资源和能源来换取发展速度，忽视科技进步对经济增长的重大作用，基本上走的是外延扩大再生产的道路，不是内涵扩大再生产的道路，而这又影响了科学技术本身的发展，造成了恶性循环的危险。类似的情况，从微观到宏观常有发生，而且在宏观层次上表现得更为严重，影响更为深远，这是值得我们认真思考和研究的。

那么，有没有办法组织管理好社会主义地理建设呢？回答是肯定的，这就是地理系统工程。地理系统工程就是组织管理地理系统建设，使社会系统和地理系统协调发展的技术。

从上述地理建设内容来看，它们既涉及社会系统，又涉及地理系统。因此，进行地理系统建设的学问，既需要社会科学的支持，又需要自然科学的支持，是社会科学和自然科学的汇合。这就是地理科学，它是现代科学技术体系中一个大的科学部门。如同其他科学技术部门一样，它也有三个层次：处在工程技术层次上的就是地理系统工程，直接为地理系统工程提供理论基础的，处在技术科学层次上的有环境科学、生态学、地学、海洋学、国土经济学、城市学等，而处在基础科学层次上的就是地球表层学，这是正在建立的一门新兴学科。

四、社会主义文明建设和社会系统工程

解决社会系统和地理系统协调发展问题，关键在社会系统内部，靠人类自己解决问题。人类是从地理系统中演化出来的，又是这个系统中最复杂、最高级和最活跃的组成部分，人类有能力解决和环境的协调发展问题。但是，如何解决这个问

题，是和社会系统的性质、结构与功能紧密联系在一起的。为此，我们对社会系统再作一些讨论。

钱学森曾指出，根据马克思创立的社会形态概念，从宏观角度，任何社会形态都有三个侧面，即社会的经济形态、政治形态和意识形态。相应地任何社会系统都有三个组成部分，即社会经济系统、政治系统和意识系统。那么这些系统内部以及它们之间是如何关联和作用的呢？

在一个有组织的社会里，存在着各种各样的社会关系。这些关系有直接的，也有间接的；有物质的，也有思想的；有微观的，也有宏观的等等。社会中每个人都生活在这些关系网中，正是这些社会关系，把人们联系在一起，互相关联、互相制约、互相作用，从而形成社会系统。但在这些众多关系中，有三种关系是基本的，它决定了其他的社会关系，这就是社会的经济关系、政治关系、思想关系。而在这三种关系中，经济关系又决定了政治关系和思想关系，这个规律是马克思和恩格斯首先揭示出来的。他们“从一切社会关系中划出生产关系来，并把它当作决定其余一切社会关系的原始关系”(《列宁选集》第1卷第6页)。这三种宏观关系就像纲一样联结社会关系网，把微观的人联系起来，形成了三种社会形态或社会系统三个组成部分。

社会经济系统的功能是生产社会需要的物质财富和创造社会物质文明，这个系统再往下一个层次，可划分为生产力系统和生产关系系统(包括生产资料所有制关系和生产、消费、交换、分配关系)。生产力是人们改造自然界获得物质资料的能力，它把来自地理系统的物质和能量变换成社会中人们需

要的生产资料和生活资料。从今天来看，发展生产力，不仅要提高生产物质财富的能力，还要包括加强和环境协调发展的能力。那么，发展生产力的最重要因素是什么呢？马克思和恩格斯都提出过“生产力中也包括科学”，科学是“一种在历史上起推动作用的、革命的力量”。人类社会的发展，证明了这些论断是完全正确的。在人类社会的早期，生产力发展主要依靠劳动者的体力、经验和技能，科学技术还没能对生产力发展起大的推动作用，但近代科学技术的发展，生产技术的不断突破，而且综汇交织成巨大的技术体系，这就大大提高了劳动者的素质和智能，从根本上改造了劳动工具，拓广了劳动对象领域。进入本世纪中叶以来，以电子信息技术为核心的新技术革命兴起，遍及数、理、化、天、地、生以及核技术、航天技术、激光技术、生物工程、海洋工程、新材料、新能源等一大批新兴科学技术领域，使人类进入了科学技术新的巨大飞跃发展时代。如果说过去生产主要依靠体力劳动，那么现在开始转向主要依靠脑力劳动（有人称作生产力智能化），智力密集型生产取代劳动密集型生产作为创造社会物质财富的主要形式。科学技术已成为促进国家经济增长和劳动生产率提高的主要因素，是推动生产力发展的最活跃的、决定性的力量。人类历史上是先有生产，后有技术，再有科学。现在出现了根本性变化，由于科学上的重大发现，引起技术上的重大突破，从而导致生产力的更大发展和社会更大进步。邓小平同志提出“科学技术是第一生产力”，“科学是了不起的事情，要重视科学，最终可能是科学解决问题”，“四个现代化，关键是科学技术现代化”。这些论断都发展了马克思主义关于生产力的理论。

党的十三大提出，把发展科学技术放在经济发展战略的首要位置，要求经济建设转到依靠科技进步的轨道上来，我国正在进行的科技体制改革，其目的也在于此。我们常讲“科技兴国”，即是说科学技术是富国之源。

在生产力系统基础上建立起来的生产关系系统，其中生产资料所有制的形式是生产关系系统的基础。在人类历史上有两种所有制的形式：一种是以公有制为基础的，另一种是以私有制为基础的。这两种不同所有制形式决定了生产关系系统的不同性质，从而决定了生产、消费、交换、分配系统具有不同的形式和性质。

根据马克思主义理论，生产力系统决定了生产关系系统，它是生产关系系统形成的前提和基础，而生产关系系统要适应于生产力系统的发展，对生产力系统有强大的反作用。当生产关系系统适应了生产力系统时，它的反作用是推动生产力系统发展，否则将阻碍生产力系统发展。

生产力系统是经济系统中最活跃的部分，它总是处在不断运动、变化和发展之中，是一个快变系统，而生产关系系统相对生产力系统运动来说，是个慢变系统，它的时间系参数比生产力系统要大。这样，一方面要求生产关系系统适应于生产力系统的发展，另一方面，它本身时间系参数大，又难于适应生产力系统，这个矛盾构成了社会经济发展中生产力和生产关系的矛盾运动，这个矛盾贯穿人类社会系统全部历史，是推动社会生产方式变革的根本原因，是社会系统演化的内在机制。

对于以公有制为基础的社会主义社会来说，同样受这个

规律支配。不过这个矛盾的性质和以私有制为基础的资本主义社会是根本不同的。后者是由社会私有制性质带来的结构性矛盾。而社会主义社会是在生产关系基本适应生产力情况下的动态发展中的矛盾，是可以在社会主义制度范围内采取科学的正确的措施加以解决的。

社会主义生产关系是一个新型系统，是人类社会发展到现在的最高级的系统形式。如果我们能自觉地、积极主动地运用科学方法不断地调整生产关系系统，使其适应并促进生产力系统的发展，那么，社会主义经济系统完全可以创造出比以往任何经济系统都要高的物质文明。但实践表明，我们还没有做到这一点。我国 40 年来的经济建设取得了巨大成就，但也暴露出过去的计划经济体制存在许多弊端，公有制的优越性没有得到充分发挥，在一定程度上影响了生产力的发展。我国正在进行的经济体制改革，其根本目的就在于改革生产关系使之适应并促进生产力的发展。只有通过改革开放，大力发展生产力，并不断地解决生产关系和生产力之间的矛盾，使生产关系适应并促进生产力发展，才能加速我国物质建设的速度，提高物质文明的水平。

然而，经济系统仅仅是社会系统的一个组成部分，它的运动和发展还受到政治系统和意识系统的作用和影响。按照历史唯物主义的观点，经济系统（主要是生产关系）的结构和性质决定了政治系统和意识系统的结构和性质。经济系统的运动决定了这两个系统的运动和发展的方向，而政治系统和意识系统对经济系统又有反作用。当它们沿着和经济系统发展方向一致作用时，能促进经济系统发展；当它们沿着反方向作

用时，就会阻碍社会经济系统发展。这就要求政治系统、意识系统要适应于经济系统。但经济系统的运动相对政治系统、意识系统来说是快变系统，而政治系统和意识系统则是慢变系统，再加上它们对经济系统来说又有一定的相对独立性，这就形成了通常所说的经济基础和上层建筑的矛盾。如同生产力和生产关系的矛盾运动一样，经济基础和上层建筑的矛盾运动也是贯穿人类社会全部历史，是推动社会形态发展的动力，也是社会系统演化的内在机制之一。

意识系统的功能是生产社会精神财富，创造社会的精神文明，这个系统再往下一个层次可划分为思想系统和文化系统。思想是精神文明的主观表现，文化则是精神文明的客观表现。

政治系统的功能虽然不直接创造物质文明和精神文明，但它处在组织管理社会系统的关键地位，政治文明建设对促进物质文明建设和精神文明建设有重大作用。这个系统再往下一个层次可划分为设施子系统（如国家机构、政党、军队、法院等）和制度子系统（如政治制度、法律制度等）。

在社会主义社会，上层建筑同经济基础是基本适应的，但两者之间的矛盾依然存在。不过和以私有制为特点的社会不同，这些矛盾是可以在社会主义制度范围内采取适当措施加以解决的。对我国来说，在政治形态方面，如社会主义民主和法制不健全，在意识形态方面，还存在资产阶级思想、封建思想和小生产意识的影响。在上层建筑中，还存在一些严重缺陷和弊端，严重影响了社会主义经济基础的建设，阻碍了社会生产力的发展。党的十一届三中全会以来，一方面大力调整和改

革社会主义生产关系，使之适合并促进生产力的发展，进行经济体制改革，另一方面又大力调整和改革社会主义上层建筑，进行政治体制改革，加强社会主义精神文明建设；巩固和发展社会主义经济基础，推动社会主义现代化建设。

这样看来，从科技体制、经济体制、政治体制、教育体制改革直到社会主义精神文明建设，涉及了我国社会主义社会形态的各个侧面。但归根到底是为了发展社会主义社会生产力，体现出以经济建设为中心。这是我国社会系统前所未有的大调整和改革。如果这场改革取得了成功，必将大大提高我国社会生产力水平，物质文明建设、政治文明建设、精神文明建设也将得到很大发展。党的十一届三中全会以来的实践表明，改革开放是强国之路。

为了实现这样的目标，我们的改革开放必须在四项基本原则指导下进行，坚持社会主义道路就必须坚持公有制，才能保证经济形态的社会主义性质，在政治形态方面必须坚持党的领导和人民民主专政，在意识形态方面必须坚持马克思列宁主义。所以，坚持四项基本原则的实质是坚持我国社会系统的社会主义性质，而资产阶级自由化所主张的是变公有制为私有制（在经济形态方面）；改变中国共产党的领导为多党制，变人民民主专政为人民民主议政（在政治形态方面）；把坚持马克思列宁主义改变成全盘西化（在意识形态方面）。如果按这些人的主张去办，中国社会的性质将完全改变成为资本主义性质的社会形态。这将是中国社会的大倒退。所以，四项基本原则是立国之本，不可动摇。

综上所述，我们可以看到，马克思列宁主义哲学已给了我

们有力的思想武器，它揭示了社会发展的内在动力和发展规律，对于社会主义社会来说，如果我们能自觉地有目的地和科学地运用这些规律，大力发展生产力，不断调整生产力和生产关系之间以及经济基础和上层建筑之间的关系，使它们互相适应并促进生产力的发展，社会主义文明建设必将得到快速发展。党的十一届三中全会所确立的"一个中心，两个基本点"的总方针，就是应用马克思列宁主义这些原理的典范。

但是，如何实现这个总方针，还需要有科学的方法，才能保证在实践中不走或少走弯路。那么，有没有这种科学方法呢？从系统科学观点来看，实现这个总方针的过程，实际上是一个开放的特殊复杂巨系统——社会系统的组织管理过程。在系统工程中，组织管理社会经济系统的技术是经济系统工程，组织管理社会政治系统的技术是政治系统工程，组织管理社会意识系统的技术是意识系统工程，而社会系统工程则是使这三个子系统之间协调发展的组织管理技术，使物质文明建设、政治文明建设、精神文明建设协调发展，以取得社会系统长期的和最好的整体效益。所以，社会系统工程对社会主义社会的发展和建设具有重要的现实意义。

五、系统总体设计部及其作用和意义

如何实现和应用地理系统工程、社会系统工程这两种系统工程，依然存在着一个科学实践问题。这里，我们要说明，系统总体设计部，是实现系统工程的实体机构，是处理复杂巨系统的科学实践方法。

总体设计部的概念和实践，起源于50年代后期我国开始发展原子弹、导弹的大规模科学技术研制计划的现代化组织管理。在周恩来总理和聂荣臻元帅领导下，我国科学技术工作者把当时苏联航空技术发展用的总体设计部和中国行政管理的实际结合起来，开始了后来称为航天系统工程的组织管理实践。30多年来，我国航天事业从无到有，从小到大，取得了举世瞩目的伟大成就，成为世界上少数几个空间大国之一。在发展我国航天事业过程中，总体设计部起了重要作用。总体设计部所体现的科学技术方法，就是系统工程。它的成功实践，已总结、概括、提炼成系统工程理论。它不仅适用于航天系统，也适用于其他系统。航天系统工程方法包括：(1)由总体设计部对航天工程进行科学的技术管理。总体设计部由熟悉大系统各方面专业的技术人员组成，在总设计师领导下，应用系统分析方法，根据任务要求，进行总体分析、论证、设计和协调，并采用计算机仿真技术，对系统方案进行整体优化、系统功能和结构的协调一致。(2)管理机关应用管理信息系统对航天工程实行科学的组织管理，合理地使用人力、物力和财力，确保任务的完成。这就是航天系统工程中的两套指挥系统。前者体现了以科学技术和知识为基础的技术决策参谋和咨询作用，以保证决策的科学化和民主化；后者则体现了以权力为基础的决策执行作用，以保证决策实施的有效性(效率和效益)。决策者或决策机构则把知识和权力结合起来变成改造客观世界的力量。

在决策机构下面有总体设计部和执行机构两套系统，它们的功能和作用是不同的。总体设计部是一个科学决策的支

持系统，执行机构是一个决策的执行系统。而在总体设计部和执行机构以下的数据、信息和知识系统，是对这两个系统的技术支持。这个方法体现了管理系统的现代化方法，特别是像社会系统、地理系统这样开放的复杂巨系统的管理，更需要这种现代化的方法。

早在70年代初，周恩来同志就希望把这种组织管理方法运用到国民经济其他工作上。1979年，钱学森提出建立国民经济总体设计部的建议。1989年，他又提出了社会主义文明建设的总体设计部体系的建议。

总体设计部所面临和解决的问题都是开放的复杂巨系统问题。它的研究方法就是从定性到定量的综合集成方法和信息综合集成技术。这是解决复杂的社会系统、地理系统问题现在能用的、唯一有效的、新的科学方法。这个方法的实质是将专家群体、数据和各种信息与计算机技术有机地结合起来，把各种学科的科学理论和经验知识结合起来。这三者本身也构成一个系统，它的成功应用就在于发挥这个系统的整体优势和综合优势，是真正的民主与集中的辩证统一。应用这个方法，把大量零星分散的定性认识、点滴的知识甚至群众的意见，都汇集到一个问题的整体结构中，达到定量的认识，是从不完整的定性到比较完整的定量，是定性到定量的飞跃。某一个方面的问题经过这种研究有了大量效果，又会再一次上升到整个方面的定性认识，达到更高层次的认识，形成又一次认识的飞跃。这个方法还可以用来整理千千万万零散的群众意见，人大代表的建议、议案，政协委员的意见、提案和专家的见解，以至个别领导的判断，真正做到“集腋成裘”。特别是当我

们引用它把零金碎玉变成大器——社会主义建设的方针、政策和发展战略，以至具体计划和计划执行过程中的必要调节和调整时，就把多年来我们党提出的民主集中制原则科学地、完美地实现了。所以，这是科学方法的重大进步。

这个方法的应用和实现，必须有一个现代化的、以计算机为核心的、能进行信息综合集成的软硬件系统支撑。这是总体设计部工作的物质基础。在实际的系统中，则是从数据的处理和支持，到信息的处理和支持，到知识的处理和支持，逐步集成和完善的。数据处理是把数字和符号作为孤立的处理对象，信息处理考虑到数据对象间的语法结构关系，而知识处理才能考虑到处理对象的语义关系。只有这样，才能处理复杂巨系统中错综复杂的关系，及对实现从定性到定量的综合集成的技术支持。

根据这个方法，总体设计部应由多种学科的专家构成，社会系统、地理系统的研究涉及现代科学技术体系中几乎所有的科学技术部门，如自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、行为科学、思维科学、军事科学、地理科学等。总体设计部是以研究为主的，在这个专家群体中，大家既要互相配合、大力协同，又要充分发扬学术民主，坚持科学精神和实事求是的原则。

在总体设计部内，对社会系统、地理系统的各种问题，进行总体分析、总体论证、总体设计、总体规划、总体协调，提出现实可行的具有可操作性的各种配套方针、政策和发展战略，为决策者和决策部门提供科学的决策支持。

从我国现行的体制来看，还没有总体设计部系统，有的机

构有点像总体设计部，但其结构和功能都没有起到总体设计部的作用。因此，在决策机构下面的总体设计部和执行机构这两套系统，执行机构系统比较强，作用比较大，而总体设计部这个系统很弱，这部分工作被执行机构代替了，两套系统实际上变成了一套系统，两条腿变成了一条腿，结果是总体设计部应该做的事没有做好，实际上也不可能做好，这恐怕是我们过去某些工作造成失误、决策不能科学化的重要原因之一。现在是我们改变这种状态的时候了。否则，我们还将付出不必要的损失和代价。

历史的发展，将我国人民推向了一个新的舞台，我们面临着比资本主义社会形态以前所有社会形态都更高级的社会形态——社会主义社会形态的组织管理问题。过去的历史能给我们许多知识，但我们毕竟面临许多新的问题，解决了这些问题，我们就会创造出人类社会前所未有的高度文明，我们应该有这种信念和信心。我们有马克思主义哲学的指导，有系统科学理论，特别是开放的复杂巨系统的研究，有系统工程技术，特别是社会系统工程和地理系统工程，再加上总体设计部的实践，就使我们有了一套有效的、可靠的加速社会主义文明建设和地理建设的科学方法和实践方法，在这个意义上，可以说，系统科学是治国之方！

六、结　语

以上关于地理系统和社会系统的讨论，实质上是关于开放的复杂巨系统的研究和实践问题。这是系统科学中最重要

和最复杂的研究方向。从上述讨论中，可以看到，对这类系统我们已经有了：

1. 在科学研究方法上不是还原论方法，而是从定性到定量的综合集成方法；

2. 在技术方法上，不是简单性处理而是系统工程技术；

3. 在实践方法上，是总体设计部的系统实践方法。

近些年来，国外出现了风行一时的所谓复杂性研究，这是由于他们在实践中也遇到了复杂性困难，认识到还原论方法已行不通，企图探索新的方法。然而至今不见解决困难的可行方法。

钱学森提出的复杂巨系统概念及其研究方法论，系统工程技术以及总体设计部的建议，却给出了行之有效的方法，这是钱学森在系统科学理论和应用方面的重大贡献。

地球表层的人地系统及其调控*

佘之祥 （中国科学院南京分院）
董雅文 （南京地理与湖泊研究所）
沈道齐 （南京地理与湖泊研究所）

一

地学研究在其宽广领域中的一个重要问题就是人所处的地位，特别是人类在地球表层的活动，人与自然界的相互影响与反馈作用。地球表层从大气对流层的顶层到岩石圈上部是一个开放的复杂的巨系统，根据钱学森同志的意见，地理学就是把人在地球上进行活动的这个区域进行系统的研究，显然他是把人和地球表层作为相互联系的统一体，并将人放在研究的中心位置。

* 原载《地球科学进展》第6卷第2期，1991年。

随着人类社会经济的发展和人口数量的增加，对地球表层的影响不论在广度上还是深度上都日趋加剧。对于这种影响的科学认识，早在19世纪西方著名学者洪堡和李特尔就写过许多著作加以阐述。洪堡对物质的地球和人类利用地球提出问题，重视自然及有机现象的地域结合，努力探求答案并取得了若干成功的经验；李特尔研究地球表层追求变化中的统一，确定地球表面地理现象不同等级的区域结合的概念，重视人地关系的研究，将人放在注意力的焦点上。经典的人地关系论从哲学的角度提出过各种观点，不乏精辟的论述，在实践中也作过大量的考察，并有若干时代性的巨著。我国近40年来开展的大规模地学研究，特别是综合考察、农业区划、国土整治与规划、流域规划、城市规划、区域开发与治理等等，无不涉及人地关系，完成了一系列的科学报告和著作，在国民经济建设上发挥了显著作用。但是就研究的理论背景而言，基本上仍是传统人地关系的各种论述，在理论思维上仍是以线性为主，研究成果缺少定量的表述，基本的表达方式是以描述为主。

但是，客观世界的人地关系极为复杂，人地关系不仅是一个巨大的系统，而且在时空上处于动态变化之中，要求网络思维和多学科的综合研究，作出定量的分析和表述，钱学森同志多次提出地球表层学，提倡建立地理科学①，并以此作为科学分类的第十大科学部门，这是一个大的科学概念。用系统理论研究地球表层，涉及人类活动和自然资源、生态环境的相互关

① 钱学森所讲的地理科学是一个大的科学部门，远远超过了传统地理学范畴。

系，把人地关系上升到人地系统和它的空间分异(也包括时间尺度)。近40年来我国的地学发展已有了大量的科学资料积累，具备了理论总结的基础。通过地球表层学的研究有可能取得突破，从而指导未来新学科的发展。

当今人类社会对自然界的影响能力已进入到这样一个阶段：可以上天、下海，可以兴修超大型水库，可以影响大气系统热量平衡乃至不断地消灭物种，造成生物圈的某种变化。但是，诸如此类大规模的干预自然界规律的活动有许多已危及到人类本身的生存与发展，从全球来看，大范围的影响如全球海平面变化，大气增温，臭氧层空洞的出现；中等范围的影响如跨流域调水工程，大坝工程引起的诱发地震与生态环境变化；小范围的影响如城市与乡村地域之间的发展与相互影响问题。此外，还有面广量大的水土流失，沙化，各种污染物导致对环境的破坏，生产力布局的地区倾斜与产业倾斜引起的发展不平衡等等。实践证明，用传统的人地关系作为理论基础愈来愈不适应，传统观念往往是一门学科一种手段解决某一专门性的问题，而目前的关键问题是研究对象本身带有复杂性，需要多学科的支撑和综合研究，特别是近些年来综合学科、边缘学科、横断学科的出现，如强调系统工程、协同学、自组织理论等在地理学的研究中应用，形成新的人地系统理论与方法，探索新的规律，这些都有助于开创一个新的研究前景，并为解决上述一些急迫、重大、长远性的问题指明途径。

二

地球表层中，人地系统是研究的核心。研究地球表层，人既是研究者也是被研究者，自然界不能从“外面”来加以描述，人是自然界的一部分，人不能将自己置身于自然界之上、自然界之外。这也是当代基本的科学观念。根据这一认识，新的人地系统观应具有以下四个观点：

1. 人地系统同时具有自然性和社会性，人的主观能动作用包括人口数量和人类活动作用于地球表层的作用强度在增加，与此同时反馈作用也在增加。

2. 人地系统是一个开放的巨系统，系统与其外围环境有交往，有物质和能量的交流，人的作用对地球表层某一客体施加影响时会引起其他客体的影响，对一个地区施加影响时会引起其他地区的不同影响，现时的措施还会对明天、将来产生影响。

3. 研究人地系统需要弄清它的结构和层次，我们常说的自然地带性与非地带性特征以及不同社会历史背景下的人文特征所形成的地域分异，人地之间相互作用、相互影响是一种复杂的网络关系。

4. 人地系统具有时空特征。它的时间过程在静态上表现为规模、结构、格局、分布效益；在动态上表现为演变、交替、发展周期。它的空间特征表现为区位、生存空间、生态系统、地域实体（城市系统、行政组织系统）。研究人地系统必须重视它的时空关系。

鉴于地球表层是一个大的科学概念，入手则要从实际出发，选择不同尺度的地域来研究人地系统，研究各种人地系统的模式，模拟各种人地系统的演化过程、演变规律以及调控机制。大尺度的研究从全球出发，规模庞大，常常要通过国际合作和国际组织，也可以是国家的、洲际的。随着现代经济的发展，跨国的研究也十分重要，如环太平洋经济圈、黄海经济圈等。中小尺度的研究从本国出发，可以是一个地理单元，流域或流域的一部分如三角洲，一个行政区域（省、市、县乃至典型的乡镇）。可以预计，上述研究覆盖面宽，不仅涉及地学各领域，而且必须应用现代科学新的理论、新的观点和新的思维方法，应用现代技术手段。如果能对地球表层的人地系统在基础理论上有所突破和明显的进展，它将开创一个新的科学研究局面，推动一大批应用学科的发展，否则继续沿用落后于时代的传统观念来指导研究，难以避免周而复始的原地循环或停滞，这也许是时代发展对地理学研究带来的机遇和挑战。

三

地球表层所提供的资源与环境是人类社会发展的物质基础，现代科学技术虽然可以从各方面探索从自然界吸收物质和能量以满足人类生存的多方需求，但是社会的发展愈是需要保持人和自然界的共生与和谐关系。这样，地球表层人地系统的调控就成为研究的最高目的。

人地关系中自然子系统可以通过最小的能量输出和最少的物质消耗来实现系统的自我调节，但是面对人地相互作用

日益加强的现代区域发展过程，单纯依靠自然的调控往往是消极无力的，甚至会出现自然子系统的崩解、逆向演化等严重的后果，因此，需要通过自然科学、工程技术、社会科学、政府决策等多种途径进行调节与控制、优化与平衡，从而提高自然界的生产潜力和推进人与自然的协调关系。就基础而言，重要的首先是要研究人地系统调控的机理，大致可以从以下方面着手：

1. 研究人地系统模式，应用系统论、耗散理论、自组织理论，分析人地系统的整体结构和层次、系统的功能与方向。

2. 人地系统的动态演变与规律，应用区域分异理论、稳定性原理、突变理论、控制理论等研究人地系统的非线性机制，非平衡条件下从无序到有序结构的维持，以及地球表层局部地区、区际、全球人地系统的可调节性。

3. 人地系统的能量物质转换机制，首先对人地系统参数选定数据，处理方法要有所突破。

4. 人地系统研究的实验、监测手段的建立，针对我国的具体情况，选定不同的典型区域的人地系统，研究社会经济发展（人口、城镇布局、资源开发、区域发展）与自然环境的协调途径、措施以及多种可供选择的调控模式与方案。

参 考 文 献

〔1〕(法)J. 白吕纳，《人地学原理》，任美锷、李旭旦译，钟山书局，1935 年。

〔2〕李旭旦主编，《人文地理学概况》，科学出版社，1985 年。

〔3〕(捷) Brno, *Theory and Practice of the Geographical*

Landscape Research, Studia Geographica 88, 1985.

〔4〕Leipzig, *International Training Course in Landscape Ecology*, Abstracts of Lectures, 1986.

〔5〕Исаленко А. Г. , Оптимизадия Природной Среды Мыслb Москва, 1980.

再谈开放的复杂巨系统*

钱学森

刚才戴汝为同志的报告讲得很好。戴汝为同志多年从事人工智能、知识系统的工作，去年他听说我们在这里讨论开放的复杂巨系统问题，很感兴趣。因此，他是从人工智能、知识系统的角度来看开放的复杂巨系统问题。我正好相反，不懂人工智能和知识系统，从去年开始向他学习这方面的知识，发现这个问题很重要。我们是从不同角度走到一起来了。我们认为，要解决开放的复杂巨系统问题，要建立从定性到定量的综合集成方法或称为综合集成技术，需要这样的结合，所以后来就和于景元同志我们三个人合写了篇讲这个观点的文字[①]。

但是我要提醒搞人工智能研究的同志，你们考虑问题的层次还太低，包括国外的一些学

* 在1990年10月16日系统学讨论班的发言。原载《模式识别与人工智能》第4卷第1期，1991年3月。

者，考虑的还是一些简单的问题。什么人工智能，说得很热闹，但具体处理的还是一些非常简单的问题，说不上什么智能。实际上，真正的人的智能，是人大脑高层次的活动，比目前一些人工智能专家考虑问题的层次要高得多。解决这个问题的途径是 1988 年马希文同志在一次讨论会上提出的人与机器的结合，单用计算机之类的机器不行，但人需要机器来帮助。所以，外国人好的东西我们要学习，但我不相信他们能解决开放的复杂巨系统问题，这要靠我们自己的努力。

下面我讲四个问题。

一、什么是开放的复杂巨系统

对开放的复杂巨系统，我们可以说：

1. 系统本身与系统周围的环境有物质的交换、能量的交换和信息的交换。由于有这些交换，所以是“开放的”。

2. 系统所包含的子系统很多，成千上万，甚至上亿万。所以是“巨系统”。

3. 子系统的种类繁多，有几十、上百，甚至几百种。所以是“复杂的”。

过去我们讲，开放的复杂巨系统有以上三个特征。现在我想，由这三条又引伸出第四个特征：开放的复杂巨系统有许多层次。这里所谓的层次是指从我们已经认识得比较清楚的子系统到我们可以宏观观测的整个系统之间的系统结构的层次。如果只有一个层次，从整系统到子系统只有一步，那么，就可以从子系统直接综合到巨系统。我觉得，在这种情况下，还

原论的方法还是适用的，现在有了电子计算机，从子系统一步综合到巨系统，这个工作是可以实现的。从前我们搞核弹，就是这么干的。因为，核弹尽管很复杂，但理论上仅有一个层次——从原子核到核弹。国外对于这种一个层次的问题，如混沌，即便是混沌中比较复杂的问题，如无限维 Navier-Stokes 方程所决定的湍流[②]，还有我们在这个学习班上讲过的自旋玻璃，都可以这么处理，他们把这种问题叫复杂性问题。我认为这种所谓的“复杂性”并不复杂，还是属于有路可循的简单性问题。我把这种系统叫简单巨系统。我们所说的开放复杂巨系统的一个特点是：从可观测的整体系统到子系统，层次很多，中间的层次又不认识；甚至连有几个层次也不清楚。对于这样的系统，用还原论的方法去处理就不行了。怎么办？我们在这个讨论班上找到了一个方法，即从定性到定量的综合集成技术，英文译名可以是：Meta-synthetic Engineering，这是外国没有的，是我们的创造。

二、建立开放的复杂巨系统的理论

要建立开放复杂巨系统的一般理论，必须从一个一个具体开放复杂巨系统入手。哪些系统属开放复杂巨系统呢？社会系统是一个开放复杂巨系统。除此以外，还有人脑系统、人体系统、地理系统、宇宙系统、历史（即过去的社会）系统、常温核聚变系统[③]等等，都是开放的复杂巨系统。研究问题要从具体资料入手。例如，社会系统中有区域问题，也有国家问题，还要注意国际问题。如新华社编的《世界经济科技》今年第 41 期上

刊登日本人的文章[4]，讲的是日本随着经济的发展，将一些劳动密集型产业转移到亚洲“四小龙”，现在“四小龙”又将这些产业向东南亚发展中国家转移。文章说，最后要向中国大陆找出路，因为中国很大，人口众多。所以说，中国的社会主义建设，必须考虑国际的影响。只有从一个一个具体的开放复杂巨系统入手进行研究，当这些具体的开放复杂巨系统的研究成果多了，才能从中提炼出一般的开放复杂巨系统理论，形成开放的复杂巨系统学，作为系统学的一部分。50年代形成工程控制论就是采用这个办法，从一个一个自动控制技术中提炼出来的。这里我们也要指出：在开放的复杂巨系统中，实践经验和资料累积最丰富的是社会系统和人体系统；前者是关系到国家事务的大问题，后者是涉及人民保健医疗的大问题。

然而，由于开放的复杂巨系统是多层次的，其功能状态变化的可能性是非常广泛的，有可能出现一些超出常规的现象，如人体系统出现的人体特异功能，这是意想不到的，使不少人不能接受，但又是客观存在的。社会主义中国这个社会系统是不是也出现过“特异功能”？60年代我们搞成原子弹、导弹、人造卫星，世界上有许多人以为不可设想，我看这就是社会主义中国的特异功能。亚运会办得这么好，也是许多人想象不到的。全国第四次人口普查，只用了一年多时间准备和调查登记，这在11亿多人口的大国也是超常的。所以，中国共产党领导的这个社会系统，只要组织得好，是可以作出意想不到的成就的，这就是中国这个社会的“特异功能”。我们搞开放复杂巨系统研究的同志，千万要有这个思想准备，不要被自己习惯了的老一套束缚住。

三、要有正确的指导思想

研究开放的复杂巨系统要有正确的思想指导，那就是马克思主义哲学思想的指导。因为研究开放复杂巨系统，正如我在一开头所讲的，当然要靠计算机，靠知识系统，靠人工智能等技术手段，但又不能完全依靠这些机器，最终还要靠人，靠人的智慧。如果完全靠机器能解决问题，那就不是开放复杂巨系统了。人的智慧是什么？是马克思主义哲学。哲学是人类知识的最高概括。

最近我读了王东同志写的讲《列宁的哲学笔记》的书[5]。书中说，建立马克思主义的哲学体系，马克思、恩格斯作过第一次伟大的尝试；狄茨根作过第二次尝试；列宁的哲学笔记是第三次伟大尝试，都未成功。斯大林搞得不好，从哲学上讲，许多东西批错了。而中国革命远比苏联十月革命要复杂得多，中国革命形成的毛泽东思想，处理许多错综复杂问题确有独到之处。陈志良、杨根、郭建宁三位同志合写的文章[6]，也讲从宏观的、整体的角度处理非常复杂的问题，论述了小平同志思维上的整体性、系统性、宏观性、战略性等等，这是很正确的。毛泽东思想的核心部分就是这些内容，即抓问题的本质，矛盾的主要方面，注意情况的变化等等。这就教导我们怎样看一个复杂问题，怎样看一个复杂巨系统。其中特别要防止的是头脑僵化，自己形成一个概念就一成不变。开放的复杂巨系统可是千变万化的，我们要有这样的认识。

革命战争年代，党中央、毛主席在延安，没有电子计算机，

也没有现在那么多的信息，那时作正确决策靠什么？靠指导思想。所以当时特别强调，实践—理论—再实践。一项政策，一个理论，在实践中发现有不对的地方，立即改正。这些指导思想，对于我们研究开放的复杂巨系统是非常重要的。也就是我们要用正确的哲学思想来指导，也要通过实践，不断修改我们的理论，因为我们处理的问题太复杂了。通过这样的办法提出的理论，即定量的模型，和过去相比，要能适用比较长的时间，即使出现失误的话，损失也不要太大。这也是我们研究开放复杂巨系统的目的。

最后我要附带说一句，吴学谋同志的泛系理论[7]不大好懂，实际上是一种哲学思想，如果其中有什么有用的东西，我们要注意吸取。

四、要用思维科学的成果

从定性到定量的综合集成技术，实际上是思维科学的一项应用技术。研究开放的复杂巨系统，一定要靠这个技术，因为首先要处理那么大量的信息、知识。信息量之大，难以想象，哪一个信息也不能漏掉，因为也许那就是一个重要的信息。情报信息的综合，这是首先遇到的问题。过去我在情报会议上讲过一个词，叫资料、信息的“激活”，即把大量库存的信息变成有针对性的“活情报”。汪成为同志告诉我，外国人也有一个词，英文叫“data fusion”，我看这个词不好，用“information inspiritment”更恰当一些。我们在做定性的工作中，一开始就要综合大量的信息资料，这个工作就要用知识工程，而且一定

要用知识工程，因为信息量太大了，光靠手工是无法完成的。还有"人大"、"政协"会上有大量提案，这都是专家意见，都是有根据的，很重要，但也不见得全面，需要将这些意见进行综合，这也要用知识工程、人工智能，这是我们从定性工作开始时要做的一部分。

所以，从定性到定量的综合集成技术是思维科学的应用技术，是大有可为的。应用技术发展了，也会提炼、上升到思维学的理论，最后，上升到思维科学的哲学——认识论。哲学界现在争论的许多问题，如什么是主体，什么是客体，什么是思维，什么是意识等等，都会有一个正确的答案了。从唯物主义的观点来看，这些问题是很清楚的。人认识客观世界靠什么？靠大脑，而大脑是物质的，是物质世界的一部分。人靠实践来认识客观世界。这不过是人脑这一部分物质，通过物质手段，与更大范围的客观物质相互作用的过程。什么主体，什么客体，什么思维，什么意识，都只不过是讨论研究这一相互作用过程中使用的术语而已。每次所认识的，只是客观世界的很小一部分，所以要再实践，再认识，才能不断扩大我们对客观世界的认识，这个过程是无穷尽的。所以，哲学界争论不休的问题，从开放复杂巨系统的观点和从思维科学观点来看，都是很清楚的。因此这里讨论的关于开放复杂巨系统的观点，对于我们认识客观世界的哲学，也有重大意义。

注　释

①钱学森、于景元、戴汝为，《一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论》，《自然杂志》1990年(13卷)1期3～10页。(此文已收

入本书——编者)

②如果把分子作为子系统,那么从微观层次的分子运动综合上升到宏观层次的 Navier-Stokes 方程,是从微观的混沌到宏观的层流有序;然后 Reynold 数大了,这一层次又不稳定,发生湍流,但全流场,再上一个层次,还是保持一定流形分布的,还是有序。这里宏观层次是可观测的,全流场也是可观测的。下一个层次到上一个层次都是可观测的。每一次综合只隔一个层次,所以这里的问题不属于复杂巨系统,而且下一个层次的混沌正是上一个层次有序的基础。

③常温核聚变是"特异功能"的观点首先由陈能宽同志提出。因为是"特异功能",所以引起争议。

④《西太平洋地区产业结构发生连锁式变化》,《世界经济科技》1990年10月9日(第41期)1～3页。

⑤王东,《辩证法科学体系的"列宁构想"》,中国社会科学出版社,1989年。

⑥陈志良、杨根、郭建宁,《论邓小平的哲学思维方式》(中央党校)《党校论坛》1990年第10期1～6页。

⑦吴学谋,《从泛系观看世界》,中国人民大学出版社,1990年。
吴学谋,《泛系理论与数学方法》,江苏教育出版社,1990年。

论地理学的研究核心

——人地关系地域系统*

吴传钧 （中科院、国家计委地理研究所）

地理学着重研究地球表层人与自然的相互影响与反馈作用。对人地关系的认识，素来是地理学的研究核心，也是地理学理论研究的一项长期任务，始终贯彻在地理学的各个发展阶段。从19世纪末叶兴起的近代地理学发展到二次世界大战后的现代地理学，虽然其中心研究课题随着时代的进展而有所转化，但地理学的基础理论研究万变不离人类和地理环境的相互关系这一宗旨。

一、正确认识人地关系

人类活动和地理环境的关系并非一成不变，而是随着人类社会的进化而不断变化，向广度和深度发展。以往国内外对这一问题的研究

* 原载《经济地理》第11卷第3期，1991年。

多限于静态论述，不联系时代背景，因而提出的种种人地关系学说，或把自然摆在主宰地位，或强调人的主观能动性，大多失之偏颇。

人类在很早以前，通过生产活动，对周围环境逐步认识，从而积累了早期的地理知识，进而从哲学的角度探索人类活动和地理环境的关系。春秋战国时期我国就出现了多种人地观，有“天命论”(自然灾害、生产丰歉乃至国家兴败皆由天决定)、机械唯物论(人地紧密相关，而以地的发展规律主宰一切)，以及朴素的辩证唯物论(地理条件是可变因素，是因人而易。所谓“天有其时，地有其材，人有其治”，“天时不如地利，地利不如人和”)等等。此后，在长期的封建时代，因生产力没有大发展，人地观亦无大进展。

西方近代地理学一开始就从不同角度探索地理环境演变、分布规律和人地关系的内在规律。以德国拉采儿(F. Ratzel)、法国孟德斯鸠(C. Montesquieu)和美国沈波儿(E. C. Semple)为代表的学者，受当时拉马克(J. B. Lamarck)、达尔文(C. R. Darwin)进化论的影响，认为人是自然的产物，在一定的地理环境下必然形成一定的人文现象。他们过于强调人类活动受制于地理环境，形成了“地理环境决定论”流派。这种机械唯物论的人地观，当时对破除宗教迷信有一定的进步意义，但夸大了地理环境的力量，无视生产力和生产关系的矛盾是社会发展的根本动力。代表法国人地学派的白兰士(Vidal de la Blache)和白吕纳(J. Brunhes)等首先根据区域观念来研究人地关系，他们提出的“或然论”认为人地关系是相对的而不是绝对的，人类在利用自然方面具有选择力，能改变和调节

自然现象，并预见人类改变自然愈甚则两者的关系愈密切，具有朴素的辩证观点。以德国赫脱纳(A. Hettner)和巴沙格(S. Passarge)为代表的景观学派，认为地理学是研究变动中的景观，它是包括自然和人文要素相结合的区域现象的整体。巴罗斯(H. H. Barrows)认为地理学是研究人与其赖以生存的自然环境的相互影响，可称为人类生态学。此外还有罗士培(P. M. Roxby)的"调整论"和索尔(C. Sauer)的"文化景观论"等。在苏联地理界长期占优势的地理学发展二元论，认为自然界与人类社会按各自的规律发展，否认物质世界的统一性，把地理学截然割裂为自然地理学与经济地理学两门互不相关的学科，忽视人地关系这一主题的研究，影响地理学的正常发展。我国地理学自 50 年代以来深受苏联地理学发展二元论的消极影响，以致削弱了人地关系的研究。加之在学科发展方面强调专业化，忽视了地理学整体的综合性特点。钱学森同志在 1989 年提出要在自然地理学与人文地理学汇合的基础上建立地理科学体系的见解，切合中国地理学发展的时弊，起到对症下药之效，可促进我国地理界重新认识地理学，并思考地理学的更新问题。

恩格斯在《自然辩证法》中提到："我们时代的理论思维，都是一种历史的产物，在不同时代具有非常不同的形式，并因而具有非常不同的内容。"人地关系作为一种理论思维也随时代而变化，需要以辩证法的观点，加以动态系统的分析，建立辩证唯物主义人地关系观，这对地理学的理论建树是极其重要的。

马克思主义哲学为正确对待和处理人地关系指明了方

向。地理环境是对应主体而言的，主体是人类社会。所谓地理环境有广狭两义，狭义的地理环境即自然综合体，广义的地理环境则指由岩石、土、水、大气和生物等无机与有机的自然要素和人类及其活动所派生的社会、政治、经济、文化、科技、艺术、风土习俗、宗教信仰和道德观等物质或意识的人文要素，按照一定规律相互交织，紧密结合而构成的一个整体。它在空间上存在着地域差异，在时间上不断发展变化。马克思主义认为人类活动和地理环境存在着相互联系又相互作用的关系，双方通过物质交换过程而产生紧密联系。人类通过劳动，利用、改变环境，而同时地理环境能反作用于人类，制约着人类生存与生产，甚至起到促进或延缓社会发展的作用。

地理学的理论研究首先对人地关系要有全面的认识。人地之间的客观关系是：第一，人对地具有依赖性，地是人赖以生存的物质基础和空间场所，地理环境经常影响人类活动的地域特性，制约着人类社会活动的深度、广度和速度。这种影响与制约作用是随人对地的认识和利用能力而变化。一定的地理环境只能容纳一定数量和质量的人及其一定形式的活动，而其人数和活动形式都是随人的质量而变化。第二，在人地关系中人居于主动地位，人具有能动功能与机制，人是地的主人，地理环境是可被人类认识、利用、改变、保护的对象。人地关系是否协调抑或矛盾，不决定于地而取决于人。总之，人必须依赖所处的地为生存活动的基础，要主动地认识，并自觉地按照地的规律去利用和改变地，以达到使地更好为人类服务的目的，这就是人和地的客观关系。这种关系将随着人类文化科学技术和生产力发展水平的不断提高，从而认识、利用和

保护地理环境的能力也逐渐增强，而变得日益密切，同时也随着地理环境在人类作用下产生的变化而不断改变，这是人地关系变化的客观规律。

应当认识到人地关系是在一定的生产的社会关系下建立的，人同自然界的关系表现为人类社会同自然环境的关系，而不是指单个人同自然环境的关系。人类社会通过生产有意识地改变着自己生存的物质条件，从而改变着周围的外在自然界。在此过程中，为他自己和新的自然环境之间带来了新的关系，因此动态的人地关系可以理解为一种具有社会和历史特性的辩证关系。

二、人地关系研究的重要意义

当前世界面临人口数量加速增长，资源在地域上和时间上的供应失调，环境污染扩大而质量恶化，城市化进程加快而城市扩展失控等日益严重的全球性问题的困扰，这些问题如不加解决或解决得不好，不仅经济生产受到阻碍，人类社会本身也将面临危机。

关于人类活动和自然环境关系，国际学术界存在着两种大相径庭的看法。一种是以马尔萨斯(Thomas R. Malthus，1766～1834)为代表，1798 年发表《人口原理论文》(*Essays on the Principle of Population*)，他认为人口按几何级数增长，除非受战争、疾病和饥饿的抑制；而生活资料则按算术级数增长，其结果是人口增长远快于生活资料的供应。这种悲观理论影响深远。1977 年美国环境质量委员会和国务院，根据卡特

总统的指示，调查研究世界各国经济发展对地球上的人口、资源和环境所带来的影响，最后提出《公元 2000 年的地球》的报告，认为按照目前的趋势发展下去，到本世纪末可能发生规模惊人的世界性问题。环境、资源和人口的压力将不断加剧，地球的自然资源基础将逐渐衰竭和贫化，生物系统为人类需要提供资源的能力将下降。到 2000 年世界将变得更加拥挤，污染更加严重，生态更不稳定而且易于受到破坏。它刻画了一幅人类生活的灰暗前景。与此相反，一些学者则持乐观论，认为目前出现的一些全球性问题并非如悲观论者所估计的那样严重，某些资源供不应求是由于人为的价格和管理等问题所造成，地球上至今还有很多资源没有开发利用，技术进步还将开辟新的利用资源的途径，某些环境污染问题可通过自然界本身的净化而解决，世界人口虽有增长，但总的看来生活水平仍有所提高。不论是悲观论者还是乐观论者，都认为对自然的支配力量日益增强，而同时人类也更加依赖于自然界，这是人类和自然统一的运动的过程。为了防止可能产生的种种恶果，有识之士一致认为及早协调人类活动和地理环境的关系是全人类最紧迫的任务。本世纪 70 年代以来，在人地关系理论与应用研究方面取得了明显进展，1970 年以齐舒姆（M. Chisholm）为代表的英国区域学派，在人地关系理论指导下，较好地总结了英国人口、资源、城市、经济、自然条件等方面的综合研究成果，提出了各区域发展的对策，并在政府支持下，取得了重大成果。美国中西部六个州在国会特许下，于 1982 年研制成功《AGNET》区域管理信息系统，对该区域内所涉及的 119 个人地关系问题实施全面的优化调控与自动决策，

并成为美国联邦政府决策体系的基本组成部分。原苏联近20多年来一直重视地理系统的研究。最近苏联科学院制定的研究大纲中，把“地理系统空间与时间组织和社会与自然的相互作用”列为重点研究项目。

人地关系研究对我国也具有巨大的紧迫性和现实意义。我国的基本国情是地大、物博、人众。国土虽然辽阔，但实际可利用的空间却相当有限，全国陆域面积中有22%的土地是难以利用的沙漠、戈壁、高山冰川、雪原，以及西藏北部的高寒荒漠。由于人口众多，每人平均拥有各种资源数量大多低于世界平均数。如何协调经济持续稳定增长同人口继续高速增长之间、国土资源的合理开发利用与保护之间的关系，已成为十分迫切的问题。为解决这些问题，需将地理环境和人类社会两大系统作为一个整体进行研究，研究它们相互作用的机理、功能、结构和整体调控的途径和对策，为合理而有效地开发和保护环境制定正确的开发整治国土规划和发展社会经济战略服务。在学术上，人地关系的研究还关系到地理学本身的生存与发展，它是地理学的立足点，是地理工作者的用武之地，又是促使这门学科向前发展的最大动力。

三、人地关系地域系统的结构和机制

涉及人地关系综合研究的学科，不限于地理学，但以地域为单元，着重研究人地关系地域系统的唯有地理学。亦即说，从地理学入手来研究人地关系，明确以地域为基础。

系统是以一定秩序相联系的一组事物，人地关系是包括

两个各不相同但又相互联系的变量的一种系统。在这个系统中，所谓“地”是指由自然和人文要素按照一定规律相互交织，紧密结合而构成的地理环境整体。人在生物圈中之所以居于特殊地位，是因为人兼有生物属性和社会属性，具有认识、利用、改变、保护自然环境和认识、改变、控制自身的能力，具有活动的社会性。因此人地系统具有自然与社会两种属性。

人地系统是由地理环境和人类活动两个子系统交错构成的复杂的开放的巨系统，内部具有一定的结构和功能机制。在这个巨系统中，人类社会和地理环境两个子系统之间的物质循环和能量转化相结合，就形成了人地系统发展变化的机制。

具体地说，人地关系地域系统是以地球表层一定地域为基础的人地关系系统，也就是人与地在特定的地域中相互联系、相互作用而形成的一种动态结构。

分析人地关系地域系统，单纯的定性研究是远远不够的，还要和定量分析相配合。因为这种关系是一种可变的量，系统中任何一个要素的变化，都会引起其他要素的相应变化，所以是一个不稳定的、非线性的、远离平衡状态的耗散结构。研究人地关系必须重视它的时间和空间变化关系。与此有关的多变量识别指标，除了考虑空间(地域的大小和位置等)和时间(过去、现状、远景)外，还要从自然和人文两个方面建立系统的变量识别指标加以分析。自然方面的指标包括：自然条件(实质是人类生态条件)、自然资源、自然灾害等；人文方面包括：人口(数量、质量及移动)、心理行为、教育与就业、生产力布局、经济活动等。在有关的地和人两个系统间，在一定条件下，通过非线性的相互作用，能够产生协同现象或相干现象，

于是由这两个系统交错构成的人地关系系统在宏观上就能产生特定的时间结构和空间结构形成具有一定功能的自组织结构，表现出有序状态。

在人地关系系统中，人口与社会经济要素为一端，资源与自然环境为另一端，双方之间以及各自内部存在着多种直接反馈作用，并密切交织在一起。它们的相互作用主要表现在两方面：一是自然资源对人类活动的促进作用和自然灾害对人类活动的抑控作用；二是人类对自然系统投入可控资源，治理自然灾害，开发不可控资源，从而实现土地资源的产出。这样，人地间相互作用在投入产出过程中得到了充分的体现。由此可见投入产出是人地系统中最基本的双向作用过程。

粮食是人与资源环境相互作用的中间初级产物，也是人地相互作用最原始和最强烈的中间连结点。粮食产量的空间分异在一定程度上决定着人地关系的空间结构。围绕粮食又产生了其他工农业产品和第三产业产品等中间产物。随着人地相互作用的发展，还会有更多的中间产物，从而使人地关系不断强化和复杂化。

人地系统相互作用的潜力是由作用强度所决定的最高产出量，可用投入产出潜力来表征。以农业生产为例，当影响产出的各种气候、水、土地、人口、社会经济因素处于对农业生产最适状态时，由太阳辐射所决定的最高产出量就是该地区农业产出量的理论上限。但由于人类的调控能力有限，因此人地相互作用潜力与光合生产潜力之间还有很大差距。由此而存在的潜力是一个动态变量，主要取决于自然系统的优势和人类对自然系统的调控能力以及调控取向结构。

投入产出潜力是人地系统中最基本的生产潜力，它是在自然生产潜力和社会经济潜力的基础上，由投入水平所决定的最高产出。可以通过增加投入资源的种类或优化投入结构而使投入产出潜力提高。一个地区人地系统相互作用潜力综合反映了该系统的自然特征、社会经济水平和投入结构，是评价人地系统的重要参量。

四、研究目标——优化调控

人地关系系统的研究是一项跨学科的大课题，其研究内容和方向也是多方面的，但在特定的时间条件下，这一研究的方向和重点应是明确的。其中心目标是协调人地关系，重点研究人地关系地域系统的优化，落实到地区综合发展上。任何区域开发、区域规划和区域管理必须以改善区域人地相互作用结构、开发人地相互作用潜力和加快人地相互作用在地域系统中的良性循环为目标，为有效进行区域开发和区域管理提供理论依据。

要提高人地关系研究的水平，一是要明确研究人地关系的目的是为了协调两者的关系，使之和谐，这是研究的应用意义；二是要明确地理学对这一问题研究的重点是人地关系的地域系统，研究这一系统的形成过程、结构特点和发展趋向，从而奠定地理学理论研究的基础，这是研究的学术意义；三是要运用有效的研究方法。

由于人类的某些不合理活动，使得人类社会和地理环境之间、地理环境各构成要素之间、人类活动各组成部分之间，

出现了不平衡发展和不调和趋势。要协调人地关系，首先要谋求地和人两个系统各组成要素之间在结构和功能联系上保持相对平衡，从而维持整个世界相对平衡的基础；保证地理环境对人类活动的可容忍度，使人与地能够持续共存。协调的目的不仅在于使人地关系的各个组成要素形成有比例的组合，关键还在于达到一种理想的组合，即优化状态。应该在对地域系统内的人地关系发展规律和基本矛盾进行本质性分析和透彻了解后，确定优化目标。一般而论，优化目标是多种的，包括资源的合理有效利用、生产力和城镇系统的合理布局、所有经济活动都要谋求经济效益、社会效益和环境效益三方面的结合等等。通过选择对系统演变有决定意义的可控参量，以协调人地之间相互作用关系。这种协调具体体现在缓和矛盾和增加产出，提高地对人口承载水平和质量上。在此基础上，按问题和指标体系形成若干可供选择的系统方案，明确所选几种关系的结构和相应的参数，经过分析比较，根据评价目标，从各个备选方案中选定最优方案。

研究人地关系地域系统的总目标是为探求系统内各要素的相互作用及系统的整体行为与调控机理。从空间结构、时间过程、组织序变、整体效应、协同互补等方面去认识和寻求全球的、全国的或区域的人地关系系统的整体优化、综合平衡及有效调控的机理。

五、主要研究内容

现代地理学研究人地关系，注意到了人地之间的相互作

用，在方法上采用从定性分析到定量计算的综合集成，不仅采用综合因素地域分析法，还大量引用数学模式、数理统计方法和遥感、计算机技术手段，开始走向推理逻辑化、体系严密化、理论模式化。

人地关系地域系统的主要研究内容包括：

(1)人地关系地域系统的形成过程、结构特点和发展趋向的理论研究；

(2)人地系统中各子系统相互作用强度的分析、潜力估算、后效评价和风险分析；

(3)人与地两大系统间相互作用和物质、能量传递与转换的机理、功能、结构和整体调控的途径与对策；

(4)地域的人口承载力分析，关键是预测粮食增产的幅度；

(5)一定地域人地系统的动态仿真模型。根据系统内各要素相互作用结构和潜力，预测特定的地域系统的演变趋势；

(6)人地相关系统的地域分异规律和地域类型分析；

(7)不同层次、不同尺度的各种类型地区人地关系协调发展的优化调控模型，亦即区域开发的多目标、多属性优化模型。

人地关系具有明显的地域差异性，在不同类型地域上所表现的结构和矛盾都不尽相同，因此必须按地域类型来协调不同的人地关系。考虑到我国各地的自然、社会、经济条件的地域差异性大，开展人地关系地域系统的研究可根据开发建设客观需要的迫切性，选择一些不同类型的地域，进行典型调查研究，例如：(1)自然环境脆弱区可以黄土高原北部和蒙古

高原南部的半干旱农牧交错区为重点；(2)干旱区可以建设项目比较集中的天山北麓为重点；(3)热带区可以开发潜力大而且地域比较完整的海南岛为重点；(4)海陆交接的经济发达区可以以往缺少综合研究的环渤海湾地带为重点等等。在典型研究基础上，划分出全国不同层次的人地关系类型区，然后分别研究各类型地区的人地关系优化结合，为制定地区综合开发建设规划提供科学依据，这是本项研究的应用价值。

参 考 文 献

〔1〕钱学森，关于地学的发展问题，《中国科学院地学部第二次学部委员大会文集》，科学出版社，1988年。(此文已收入本书——编者)

〔2〕张远广、符清华，人地系统与人地关系浅析，《人文地理》第3卷第2期，1988年。

〔3〕泰耀辰、千怀遂，河南东部平原人地系统的结构、潜力和演化，1989年中国地理学会综合学术会议论文。

〔4〕于景元、王寿云、汪成为，社会主义建设的系统理论和系统工程，《科技日报》1991年1月21、23日第三版。(此文已收入本书——编者)

谈地理科学的内容及研究方法*

钱学森

今天在座诸位是来参加“地理科学”讨论会的。诸位都是专家，而我可不是搞地理的。为什么今天叫我来就来了？这是因为近8年来，我一直在宣传，建设有中国特色的社会主义需要有一个新的科学技术大部门。这不是一个小的学科，而是一个大的科学部门，即地理科学。它跟自然科学、社会科学是并行的，所以是一个大部门。我这个外行，怎么敢这么说，我是怎么想的？今天先把这个过程向各位报告一下，然后再讲一点我的想法，作为这次“地理科学”讨论会的一个背景材料。

* 在1991年4月6日中国地理学会“地理科学”讲座讨论会上的发言，由《地理学报》编辑部根据录音整理，钱老亲自进行过审阅和修改。原载《地理学报》第46卷第3期，1991年9月。

一

我对地理科学是有一个认识过程的。开始是在1983年，我读到一位中年地理学工作者浦汉昕的文章，讲述环境(那时开始提出要保护环境)，他在这篇文章中引用、介绍了“环境”这个词在苏联有种叫法，即“地球表层”，我觉得这个词好。那时我满脑子装的是“系统”概念，看了这篇文章后，觉得我们的环境是一个系统，感到当时一些流行的说法如“生态环境”等还不够。所以，1983年我在《环境保护》杂志上写了“保护环境的工程技术——环境系统工程”一文，在这篇文章里我讲述了当时认识到的所谓环境——人类社会生活的环境，而这个环境就是指“地球表层”，并提出研究整个环境的科学基础就是“地球表层学”。所以，我这个外行完全是从系统的概念出发，认为整个人类存在的环境是一个系统，并认为从一个侧面(或者是气象问题，或者是生态问题)去考虑都是不够的。

1985年，我参加了北京组织的一个研究北京市建设问题的会议，会上我强调了城市建设是一个系统工程，并提出：“会议上很多文章讲城市规划，那么城市规划这门学问靠什么理论？我觉得应该有一门理论，或者叫技术理论的学科。”那天陈希同市长也去了，他讲他的困难是：“外商来北京建公司要装好多电话，我没有那么多钱来装电话。”我说：“这不单是外商来办企业的问题，你这个城市的大系统要建设好。”所以我提出了“城市学”这个问题。作为一门城市发展与规划整体理论的城市学也属地理科学。

我正式提出“地理科学”这个词是在1986年，在“第二届全国天、地、生学术讨论会”上。我提出，地理科学作为科学技术的一个大部门，与自然科学、社会科学、数学科学、系统科学、人体科学、思维科学、军事科学、行为科学，还有文艺理论这九大部门并行，在十个科学技术大部门中，地理科学也是一大部门。当时我觉得地理要考虑的问题跟地学(地质学)不一样，因为地学考虑问题的时间概念非常长，最少1万年，动不动就是100万年。青藏高原隆起是最近的一件事，那也是200万年前开始隆起的。而地理要考虑的问题的时间不是那么长，最少的时间是十年、几十年，一般多是几十年、上百年这样的时间。那时我认识到，地理科学跟地学不一样。我的基本思想都是受系统科学、系统学、系统论哲学观点的影响，要没有这种系统观点，我不会有地理科学的想法。

我怎么想到地理呢？这是在读到英国人Ronald Johnston编的*The Future of Geography*(《地理学的将来》)这本书后。作者中大概多是英国教授，他们都感慨万分：英国地理学曾经了不起，而现在不行了。为什么英国人从前地理了不起，现在不行了？道理很简单。大英帝国原是太阳不落的帝国，从前侵略世界其他国家，在全世界逞威风，当然要研究地理学，而现在只剩下联合王国的几个小岛，地理学就无所施展，政府也不支持了。从这本书我更想到，大英帝国不行了，而我们社会主义中国正是兴旺的时候，所以地理学对我们中国社会主义建设是非常重要的。我觉得建设社会主义中国，就一定要在中国发展地理科学。这些方面我必须感谢黄秉维先生给我的多次鼓励，不然，我这个外行也就说说算了，不会再搞下去。

说到这里，同志们也许会问，我怎么没有提到我们中国科学院的老前辈竺可桢先生？在这里我要老实对同志们讲，竺可桢原是科学院的副院长，我在力学所，当然认识他，但那时我知道的东西太少了，跟地学不搭一点儿边，只知道竺可桢先生对物候学很有研究，很尊敬他。唯一记得一次科学院学部在上海开会，有天晚上我跟地学部学部委员们在一起，说了这么一句说："我一见你们搞地学的，就想到野外考察、地质勘探，你们用的方法是不是太落后了？是不是用先进一些的工具？"其他的我就什么也不知道了，当时连竺可桢副院长对于地理学很重要的论述都不知道。后来我听说他很重视地理学，但是没有看到他到底是怎么说的。直到去年纪念竺老百年诞辰的时候，我才得到了《竺可桢传》这本书，在《竺可桢传》第六章，读到他对地理学很精辟的见解，这是他在 1965 年一次讲话中说的，竺可桢先生说："地理学是研究地理环境的形成、发展与区域分异以及生产布局的科学，它具有鲜明的地域性与综合性的特点，同时具有明显的实践作用，与国民经济建设的各个部门有着极其密切的关系。"从这个《传》上还可见到竺可桢先生在建国初年就已经讲了地理对社会主义建设的重要性。所以读了之后，我觉得"地理科学"这个概念的提出应该归功于竺可桢先生，而不是我。我只是冒叫一声，还不知道竺老早就提出来了。竺老是前辈，我是后辈。所以"地理科学"这个概念不是我的，是竺可桢的。

我在地理学上并没有下过功夫，所以对诸位地理专家所做的工作并不很清楚。最近读了《河南大学学报》1990 年第 4 期和中国科协学会部汇编的资料，才看到各位专家对"地理科

学”的意见，学了不少东西，对我有很大启发。

二

第二个问题就说说“地理系统”的概念，这是根本的。

地理环境是一个地球表层系统，也就是地理系统。地理环境是人类社会、一个国家赖以生存和发展的环境，这个环境有自然的，也有人为的，有为人所改造的自然环境。而这个地理环境是一个人与自然相互密切关联的系统，即地理系统。

现在能够接受“地理系统”这个概念的人大概比较多，因为系统概念已很普遍了。但是今天我要特别指出，光说地理系统是不够的，我们还要问它是什么样的系统，因为现在系统学已经发展到要为系统分类了。系统各有各的特点，而且这个特点影响研究、分析它的方法。比如说最简单的小系统，这个系统的子系统所组成的系统的部门，数量不多，七八个，十来个，这好办，其理论是最成熟的。再复杂一些的系统，即子系统数目增加，比如有几十个、上百个，且子系统都相互关联，每个子系统都有自己的参数，所以这个系统形成的方程的未知数有好几百。这样一个系统称“大系统”，无非子系统数目多了，理论还是比较清楚，用人计算是不行的，但可用大型电子计算机来算。还有一种系统，其子系统多到上万上亿，但是子系统种类不多。比如这个屋子里的空气，氧、氮等，它们的分子数目多极了，上万亿、上亿亿，但是即使这样的系统，物理学家们还是有办法，因为它的子系统种类并不多，可以用统计物理或统计力学的方法算。这项研究始于上世纪末本世纪初，近 20 年又

有新的发展，把它应用到了非平衡态，形成非平衡态的热力学，这就是著名的诺贝尔奖获得者普利高津的理论。后来这个理论又被更精确地发展，即由西德的赫尔曼·哈肯创建了协同学。但是不论是普利高津还是哈肯，尽管他们所处理的系统的子系统确实很多，可子系统种类并不多，也就是几种、十几种。对于这种系统，这些年我们给它起名叫“开放的简单巨系统”。所谓简单就是指子系统的种类并不是很多，那么用普利高津和哈肯的方法来处理是可以的。

我们现在所讨论的地理系统是什么样的系统？是不是小系统？当然不是。是不是大系统？也不是，它是比大系统大得多的巨系统。那么是不是简单巨系统？不是，是复杂的巨系统。所以我们要讨论的是系统里面最困难的一种，叫“开放的复杂巨系统”。“开放的复杂巨系统”有什么特征？第一，它是开放的。所谓“开放”就是跟系统之外有关联，有交往，既有能量物质的交往，又有信息的交往，而不是封闭的。例如，地球表层一方面接受从地球以外传来的光和其他各种波长的电磁波，另一方面又从地球表层辐射红外线；此外还有天体运动产生的引力作用；还有各种外来的高能粒子、尘埃粒子、流星，高层大气也有分子溢出。地球表层还接受地球内部运动的各种影响，以及地磁场的影响等。第二，它是巨系统，就是子系统成亿、上百亿、上万亿、上亿亿。第三，它是复杂的巨系统，就是子系统的种类非常之多。人是一种子系统，还有种类繁多的植物和动物、山山水水，以及地下矿产等等。这就形成一个特点，即这个“开放的复杂巨系统”的内部层次、结构多变，而且我们很难分清、确定，今天你看是这样，再过一天又不是这样。这就给我们

研究分析地理系统这种“开放的复杂巨系统”造成很多困难。举例说，最近看到长江中上游防护林建设问题就非常复杂。在《经济参考报》3 月 13 日第一版有一篇关于长江中上游防护林建设问题的报道，提出这决不仅仅是林业问题，它涉及的面非常广，水利、农业、财政、商业、国土、环保、能源，以及铁路、交通等部门都涉及到了。所以这是一个层次复杂多变、内部关系非常错综复杂的系统。

这几年，我们组织了一个讨论班，讨论系统学，在这个讨论班上，我们发现了这个“开放的复杂巨系统”及它的特点。我们还发现对“开放的复杂巨系统”，用标准的科学方法即培根式还原论的方法去处理不行。还原论的方法是，如果要处理的这个问题太复杂，就把它切成几块来研究，如果这些块还复杂，可再切小，如果还复杂，再切小。越切越小。用这种方法处理，你必须知道怎么切合理。这种“开放的复杂巨系统”的层次复杂多变，如果不知道怎么切，乱切就可能把这个问题的本质特征切掉了，就改变了原来问题性质。比如长江防护林问题涉及到那么多部门，如果切块，这块归林业部，那块归财政部，行吗?不知道怎么切，结果互相打架，防护林也就干不成了。我们这个系统学讨论班三年以前开始感觉到这个问题，以老方法来对付这些开放的复杂巨系统看来不行。讨论班上一些同志研究过国民经济宏观调节问题，所以第一个认识到的“开放的复杂巨系统”是我们国家的社会经济系统。后来发现，人也是“开放的复杂巨系统”，人是不简单的，所以这些年西医也感到他们过去长期沿用的培根式还原论方法不行了。甚至人脑也是一个“开放的复杂巨系统”，因为人脑的神经细胞约有 10^{15}

个，而且神经细胞有各种各样。地理系统也是“开放的复杂巨系统”。首先要明确：研究的对象是一个巨系统；第二，它是系统里最复杂的、研究起来最困难的“开放的复杂巨系统”。在1990 年 1 月号《自然杂志》上，我们才开始把这个问题讲出来。那篇文章把所用的方法叫“从定性到定量的综合集成法”。今年年初又在《科技日报》(今年 1 月 21、23 日)上发表了于景元、王寿云、汪成为的文章，具体讲到社会系统与社会系统的环境——地理系统，讲清了这些都是开放的巨系统，要用从定性到定量的综合集成法。

这样一个认识是很重要的，这些概念很新。在这里我要向诸位报告，这是中国人的发明，外国人没有。到底是中国人行还是外国人行？我看中国人行。为什么外国人不行？我看差别在于我们有马克思主义哲学，我们用辩证唯物主义观点看待问题，他们没有。为什么竺老提出“地理科学”这个概念并有了基本思路，却没有提出地理系统(外国人也没有提)？我认为问题在于没有“系统”这个概念，因为直到竺老去世，系统工程、系统学的概念还没有出现。所以这不能怪竺可桢先生，这是后来的发展。

再有，怎样处理地理系统这样“开放的复杂巨系统”？搞地理的人恐怕也很困难。要解决“开放的复杂巨系统”的问题，又没有好的方法，那么只得用老方法，即培根还原论的方法——切块的方法。对搞地理的同志来说，古典地理是一门思辨学问，研究它还只能搞调查，加上议论，需要定量却又没法定量，可是与地理学家同道的地学家们却起劲地搞板块运动、地质力学等，这就给搞地理的带来很大压力：地理怎么样科学化？

结果又想不出办法，很为难。我提出“地理科学”这个概念后，得到了黄秉维同志的一些鼓励，他还送一些文章给我看。他说：“地理学太乱了，有各式各样的说法。”这是什么道理呢？我看就是这个道理，搞地理的人确实处在一个很困难的位置上，要处理的对象是一个“开放的复杂巨系统”，而又没有一个现成的研究“开放的复杂巨系统”的方法，结果就搞成这么一个状态，也就是分成小块，一块一块地分。这说明过去工作所遇到的困难。我们理解，各种问题，比如关于环境问题、生态问题等，那些理论多极了。现在看都是好心，但不解决问题。去年3月8日在英国刊物*Nature*上有一篇James Lovelock教授（美国人，现在英国）写的文章，他提出的“地理环境”，用“Gaia”来表示，我从字典上查出，这是希腊大地女神的意思，但他那个概念还是自然的环境，人文方面他只是讲到人为破坏自然环境，他还没有把环境看作我们现在所认为的地理系统这样一个概念。中国同志也写了不少这方面的书，我也陆陆续续收到了，看到了，比如迟维钧同志的《生态经济理论方法》（中国环境科学出版社出版）、徐景航和傅国伟二位主编的《环境系统工程》（中国环境科学出版社出版）及《青年地理学家》编委会编的《理论地理学的进展》（山东省地图出版社出版）。这些书都在试图用一些定量的方法，但由于以上原因，他们用的方法就是普利高津或哈肯的方法，而刚才已经说了，用普利高津和哈肯的方法处理地理系统是不灵的。

三

以上是讲我们应该怎样认识地理系统。但“从定性到定量的综合集成法”到底是什么？我在这儿给大家说说这个方法的特点及我们对这个问题是怎样认识的。

什么叫复杂巨系统？第一，我们要研究这个系统，一定要从定性知识出发，除此之外我们没有太多东西，这是我们对于这个问题的感性认识，不能脱离这个实际。我觉得现在的地理学，各门各行地理学讲的道理就属于这一类，它是感性认识，是有见解的，是很宝贵的，因为它是在大量的工作经验基础上形成的。但是它只是定性的，也不全面。第二，光定性还不够，不能停留在感性认识上，我们要上升到理性认识，要努力达到定量。这里我讲一段历史：在七八年前，我们国家开始研究粮油倒挂——收购的价格高，卖出的价格低——这个经济问题，收购价高是为了要调动农民积极性，但是人民生活又要求不能把粮价一下提高，所以国家的贴补数量相当大，一年大概好几百亿元，后来发展到将近一千亿元，这个问题怎么解决？我记得那时宋平同志（当时任国家计委主任）大概想听听我有什么方法，就说：“讨论这个问题时你来参加。”我不干这行，但为了学习还是去了。参加的人都是经济学专家，各人说各人的看法。他们都有自己的一套理论，讲怎样解决粮油倒挂问题。有意思的是，他们之中有好几位在讲完后有这么一句话：“我不保险按照我这个方法去做准能解决问题。”那些大专家都是这么讲的。所以说定性是不够的，必须要定量。那么从定性到定

量的说法是从哪里开始的?是实际需要逼出来的。问题是什么叫“量”,什么是过硬的量,这个问题不是说说而已,比如说粮油倒挂的问题,这个“量”就是国家统计局的数字 ,是实实在在的数字。在地理系统中,这个实实在在的数字就是大量的地学活动中野外考察获得的数据,当然还有其他许多,也是统计的量,它不是人为的,必须是实际上可以获得的、客观存在的量。这一点非常重要,因为理论要联系实际。实际的“量”必须是实实在在的,而不是随意制造的。这些量在地理系统恐怕有成百上千,所以决非是简单问题。一方面是定性认识,也就是地理学家的学问、见解,以及大量地理学文献里的各式各样见解,这是很重要的、很宝贵的,但这只是感性认识,是不够全面的;另一方面,要有实实在在的经过调查统计的数字。现在的问题是怎样才能把这两方面联系起来,只有这样才能做到从定性到定量,从感性认识上升到理性认识。这是辩证统一的认识论,是最难的。

这里可以说说,我所了解到的一些外国人的工作,比如他们去解决社会经济问题,就没有这个方法。怎么办?现在他们也说有处理简单的复杂巨系统的方法,比如普利高津、哈肯的方法。在美国麻省理工学院有一位 J. W. Forrester 教授,他介绍了一种方法——系统动力学,这个方法实际上是从自己的某一个概念出发,来选择或创造一些参数,这是人为的,然后也定量,上机运算,得出的结果算是定量了。我国也有一些同志这样搞,他们也说是定性和定量相结合,先定性,再定量,也上机计算。因此,我说应该把定性、定量相结合改为从定性到定量。有些经济界名家也到处用上述的错误的方法,结果只能

得出错误的结论。

我们所讲的从定性到定量，到底怎样工作?也就是分为几个步骤?这是在近几年的经济分析中，在我国国民经济专家马宾同志指导下逐步发展起来的，很有成效。第一，明确任务、目的是什么。第二，尽可能多地请有关专家提意见和建议，例如上面讲宋平同志曾经把经济专家请来，议论粮油倒挂。大家意见肯定不完全一样。此外还要搜集大量的有关文献资料，这个工作必须很认真。有了定性认识，在此基础上，要通过建立一个系统模型，加以摸索。在建立模型时，必须考虑到与实际调查数据结合起来，统计数据有多少就需要有多少参数，这是实际的，不能人为制造。比如经济问题，是国家统计局的统计数字，种类很多，有几百个，所以，模型的参数必须要与实际统计数字相结合。这个复杂模型靠人手工计算是不行的，只能用大型电子计算机完成，通过计算得出结果。但这个结果可靠性如何?需要再把专家请来，对结果反复进行检验、修改，直到专家认为满意时，这个模型方算完成。在经济问题上我们摸索出的方法，所谓从定性到定量的综合集成法，是综合了许多专家意见和大量书本资料的内容，不是某一专家的意见，而且是从定性的、不全面的感性认识，到综合定量的理性认识，这个方法已经过实际应用。也许有人会问，应用效果如何?可以这样说，在经济问题上，这些年来受国务院的委托，这方面的同志已经做了不少工作，与其他部门专家的预测相比，他们在经济领域运用综合集成法预测的数字是最准的，是过硬的。所以，可以说，对于这种“开放的复杂巨系统”，开始找到了一个可行的方法，我们把这个方法叫做从定性到定量的综合集成法。可以说

我们走上了正确的道路，而这条道路的特征就是从定性到定量，从感性认识到理性认识。这个思想就是马克思列宁主义、毛泽东思想。没有马列主义、毛泽东思想的人，不可能提出这个方法。所以我们说，解决开放的复杂巨系统，要跳出培根式还原论方法，那是机械唯物论的方法，要摆脱这种思想的束缚，用马克思主义哲学的方法。

有了以上认识，可以这样明确地理工作者所面临的任务，宣传地理科学，并不是说地理学不行了，地理科学发展还是要依靠过去地理学大量工作的基础，包括专家意见，不能脱离这个基础。要对地理学家的工作及过去使用的方法给予充分重视，这些丰富成果是广大地理学家的贡献，是在座诸位的丰功伟绩。现在我们要更上一层楼，把它综合起来，目前要强调一下综合性的工作，使得这一部门学科的研究取得更大的成就。

四

中国人对自己的环境到底持何看法，这也是地理哲学问题。其中一个核心问题是人对生存环境已经从被动转移到主动阶段，即不是盲目地开发利用资源。今天的科学已经能够使我们认识我们改造客观环境将会有什么样的后果，是好的还是不好的，好的就利用，不好的需要采取措施加以治理。关于这个问题，哲学家有些评论不免带有片面性。去年 4 月《哲学研究》上有一篇题目是“传统地理环境理论之反思”的文章，后来在第六期又有一篇题目是“读传统地理环境理论之反思”的文章，批评前者的观点。两人观点不一样。根据地理哲学的观

点，人对地理环境可以改造，而且可以克服由于我们的行动所产生的不良后果。我们中国人在中国这块大地上就是要创造一个建设社会主义，并将过渡到共产主义的地理环境。比如不久前，中国林学会曾召开过一次“沙产业讨论会”，意思就是说，中国有这么多戈壁、沙漠，而且还有那么多沙化现象，难道我们就认输了？没有！我们可以改造、治理沙漠。几十年来我国的治沙工作已经证明，人可以改造自然。另外，前几年三峡建坝问题也是一个讨论得很热闹的问题。当时曾提出建立三峡省，我对浦汉昕同志说，你应该到那里看看，三峡省所处的地理位置、气候条件和瑞士差不多，为什么不能把三峡建成为东方的瑞士？我们应该有这个雄心壮志。不久前，我跟中国科学院综考会考察队的同志说，你们考察青藏高原，了不起，青藏高原共有 250 万平方公里，这么高大的高原是世界所没有的，用现在的科学技术，包括高技术和新技术，为什么不能把占国土总面积 1/4 的青藏高原建成 21 世纪的乐土呢？搞地理科学的人就应该有这样一种观点，这就是地理哲学，是辩证唯物主义的：人可以认识客观，可以改造客观。哲学是指导我们具体工作的，那么地理工作者就应该有这么一种思想——地理哲学；地理哲学是地理科学的哲学概括。

五

地理科学为社会主义建设服务的工作，属“地理建设”；“地理建设”是我国社会主义的环境建设。刚才提到《科技日报》年初那篇文章中讲到的就是“地理建设”。这个概念是什么

呢？在政协和人大讨论李鹏总理关于“八五”和今后十年计划的报告和纲要时，我们提出了社会主义建设包括社会主义物质文明建设和社会主义精神文明建设，也有整个国家的政治方面的建设——社会主义民主建设和社会主义法制建设。这些建设都要依靠一个环境——社会主义“地理建设”。这个思想已在前面提到的今年年初的文章中讲过，目前正在讨论的李鹏总理报告和纲要中，用的是另外一个词，叫基础设施，但用我们的话说叫“地理建设”。什么是社会主义的“地理建设”呢？它包括交通运输、信息、通讯、邮电、能源发电、供煤供气、气象预报、水资源、环境保护、城市建设、灾害预报与防治等等，都是我们整个国家、社会所存在的环境，这些都是“地理建设”。但这是非常复杂的多方面的工作。光是长江中上游的防护林一项就涉及到那么多的部门，除林业部门外，还有水利、农业、财政、商业、国土、环境、能源，以及铁路、交通等。正如《经济参考报》记者所说的，整个社会都要来办的事叫社会工程。这样一个复杂的事情——地理建设，不能都说是地理科学，否则就太广泛了，就把所有其他学科都吃掉了。地理建设实际上是一个庞大的社会工程，地理科学工作者要起很大很大的作用，但其他学科也要起很大的作用，要共同协作才能搞好地理建设。这并不意味着地理科学应该包括其他所有学科。我们应该想到社会主义物质文明建设也包括很多，不但包括自然科学，还有社会科学。所以讲地理建设，不是说地理科学要把地理建设所需知识全包括进来。这是重要的，因为我们这个会是讨论地理科学的体系问题，应该把整个体系搞清楚，以便使所有学科都承认这个体系。

六

最后我提几点建议，请同志们考虑。提出“地理科学”概念是我们中国人要做的一件大事，而且很紧迫，关系到社会主义建设大问题。在这个问题上，地理科学工作者能否大致统一认识？只要大多数同志认识比较统一就好办了。

至于学科体系，应逐步在实践考验中建立起来，现在有一个大致的体系就可以了。我建议分三个层次：一是基础理论的层次；二是直接应用的技术性层次；三是介于两者之间的技术理论层次。因为现代科学技术大概都有三个层次，最典型的是自然科学这个大部门。有了三个层次概念之后，再看看属地理科学范围内的学科有多少？有几十门。目前已成立学会、研究会的学科就有几十个。这里不排斥任何一门学科，只是大致地排一排，有个位置。

有了这样一个认识和这样一个大致的体系就可以开始工作了，至于细节的调整可以在工作中逐步加深认识，现在一定要把系统的结构搞得很细，一门门都定下来恐怕还欠成熟，现在只要有一个大致的位置就行了。这是第一个建议。

有一个问题是发展地理学科必须抓的，这就是要研究开放的复杂巨系统的方法，要掌握并且要发展从定性到定量的综合集成法。现在会用这个方法的人不多，只是刚才说的那些搞经济的人，大概都在航空航天部的710所；现中科院自动化所搞人工智能的部分人也对这个工作感兴趣；还有国防科工委的系统工程研究所，他们也有人对这个方法感兴趣。请大家

考虑，要建立地理科学是不是有一个任务，即搞地理科学或有志于搞地理科学的同志，要下功夫来学这个方法，这是没有书的，而且尚未完全定型，还在发展中，是否搞一个研讨班或讨论会，请有关方面的人来讲课，研究一下这个问题，希望有志于此的同志来学习。然后把这个方法用于地理科学。比如1983年提出的地球表层学，建立这门学科要运用定性、定量的综合集成法，否则没法建立。这是第二个建议。

第三个建议：这次会议的内容是非常重要的，关系到社会主义建设大局，所以我们应该把讨论的情况、今后工作设想，向党和国家报告。我参加政协会议，想到地理科学，感觉国家对地理科学还不够重视，但比以前好多了，提出要加强基础设施的建设了。我们中国人建设社会主义应该有远大的眼光，看到21世纪，不能只看眼前的事情，要看到更长远的环境建设、地理建设。如果同志们和我一样认为地理科学很重要，就应该消除顾虑，大力宣传。这个宣传是对党和国家负责，所以应该把这个思想向国家汇报。尤其是中国科学院地理所还挂靠国家计委，可以向国务院副总理邹家华同志报告，这是应该做的。

关于“人地关系”的发展与认识*

王恩涌 （北京大学地理系）

“人地关系”是地理学中的一个重要论题，尽管受到波折，今天仍然被认为是地理学中的三大理论命题之一。地理学是一门比较古老的科学，也是一门比较特殊的科学。因为人类的生存、生活和发展总是离不开地，总是需要一定的空间才能活下去，才能发展生产，进行各种社会活动。所以，地理学是研究人类活动的空间，也就是所说的地理环境。这种地理环境是与人的存在和人的活动相联系的。没有人的地理环境是不存在的。至于人出现前的地理环境，严格地说，那是地质时期的环境，可以称之为地质环境。这样，地理学所研究的地理环境是有人的环境。环境在人类活动的影响下发生不同程度的变化，称之为人为环境，也可以说是文化景观。那种没有或很少受人为影响而基本仍保持原始

* 原载《人文地理》第6卷第3期，1991年9月，收入本书时作了适当补充。

状态的环境，称之为自然环境，或自然景观。因此，研究环境，它涉及到自然科学和社会科学，所以，地理学一般被认为是跨学科的学科，既属于自然科学又属于社会科学。其在各个国家的地位则因历史传统而定。例如，我国把它划入自然科学，美、英等国则将其归入人文科学。综上所述，人地关系问题，由于涉及人，故不仅是地理学的重要问题，而且在不同程度上也关系到人文科学、社会科学，甚至哲学。当然，这里谈到的人，不是单个的人，而是指群体，也是指社会。

一、希腊时代的人地观

古希腊时代是古代文明在科学上的繁荣昌盛的时代，其出现的一些伟大思想家的思想与著作给以后文艺复兴时代带来深远的影响。亚里斯多德(公元前 384～前 322 年)在苏格拉底、柏拉图思想影响下形成自己的思想，并在许多领域都作出自己的贡献。其著作甚多，在《政治学》一书中谈论到地理条件与城邦的发展和安全的关系。同时，他谈论到人与环境的关系，也就是地理位置、气候等自然环境对人的性格、精神面貌以及人类社会的性质有举足轻重的作用。他说北方寒冷地区各民族的性格是“精力充足”，“富于热忱”，但“大都绌于技巧而缺少理解”；亚洲气候炎热，各民族“多擅长机巧，深于理解，但精神卑弱，热忱不足”，故常屈从于人而为臣民，甚至沦为奴隶；希腊“在地理位置上因处于两大陆之间，其秉性也兼有两者的品质。他们既具有热忱，也有理智；精神健旺，所以能永葆自由，对于政治也得到高度发展；倘使各种性格一旦能统一于

一个政体之内，他们也就能治理世上所有其他民族了。”亚氏的这种思想可能受一名佚名医生大约在公元前5世纪末写的一篇题为《论空气、水和环境》的论文（该文后来被收入希波克拉底的文集中）的影响。论文提到气候的差异性造成了民族的差异性。

二、文艺复兴后的人地观

在罗马帝国遭受蛮族入侵而垮台以后，欧洲处于黑暗时代。当时，基督教处于绝对权威的地位，宗教控制着人们的思想意识，一切都是以《圣经》为准则，谁违犯它，谁就是异端。

在《圣经》的《创世纪》中称世间万物都是上帝从虚无中创造出来的，它包括日月星辰、陆地海洋、鸟兽木石等等全部生物和非生物。甚至地上的人也是上帝用泥土捏成的，然后注入灵魂使之成为人。上帝既然创造一切，世间的一切活动当然受上帝意志所支配，没有天命，别说世界不存在，“就是一根头发也不会从头上脱落下来”。这样，地理学的研究必须与《圣经》协调起来，成为《创世纪》的注释，亚里斯多德的有关地理思想则被弄得和占星学混在一起。

15世纪初，欧洲工商业的发展和地理大发现的刺激，使欧洲发生一场思想意识大变革，即文艺复兴。这场变革反对神权，提倡人权，反对宗教桎梏，提倡科学，要求把被神学和宗教所扼杀和歪曲了的古代希腊和罗马的文化恢复起来。人们从古代思想宝库中寻找武器，批判宗教和神学，恢复古希腊和罗马的世俗思想文化。亚里斯多德的人地观也就在有关科学中

发展起来。

孟德斯鸠(1689～1755)是法国著名的政治哲学家，他在晚年写的巨著《论法的精神》是一部综合性的政治学著作，其涉及的内容非常广泛，系统地阐述了他自己的社会历史观。在解释民族、政治、宗教等社会现象方面原因时，他强调地理环境的作用，表达了“决定论”的人地观。例如，在民族性格方面，他说：“炎热国家的人民，就像老头子一样怯懦；寒冷国家的人民则像青年人一样勇敢”。在政治制度方面，他认为气候炎热使人身体疲惫，没有勇气，所以奴性重，通常为专制主义所笼罩。寒带人体质和精神使人能从事长久、艰苦、宏伟和勇敢活动，保持政治自由，所以欧洲多民主政体。在宗教方面，他认为寒带使人有自由独立精神，热带使人有顺从性格，所以北欧盛行新教，西欧盛行天主教，印度产生佛教，伊斯兰教出现于亚洲。

黑格尔(1770～1831)是德国的著名哲学家，创立了欧洲哲学史上最庞大的客观唯心主义体系。在社会历史观方面，他肯定地理环境对社会发展的巨大意义。他认为，世界上有三种地理环境：“①干燥的高地，同广阔的草原和平原。②平原流域，——是巨川、大江所流过的地方。③和海相连的海岸区域。”从蒙古，经阿拉伯，到北非的沙漠地区，居民过着游牧生活。他们好客和掠夺成性，往往侵扰周围文明国土，过着无法律制度和家长制生活。在平原流域，四大文明古国所在地，居民依靠农业，被束缚于土地上，无穷依赖、性情守旧、呆板、孤僻，过着君主制生活。大海却需要冒险精神、勇气和智慧。人们多从事工商业，过着民主制生活。

白克尔(1821～1862)是英国著名的历史学家。他在《英国文明史》一书中探索了地理环境与文明发展的关系。他认为地理条件优越的地方,粮食必然丰富,有一部分人就可以脱离劳动从事智力活动,从而促进了文明的发展。此外,地理环境对人类的心灵的发展也有影响。他认为地理环境影响人的想象力,可以刺激理性的发展。"高大的山脉和广阔的平原(如在印度)使人产生一种过度幻想和迷信"。"当自然形态较小而变化较多(如在希腊)时,就使人早期发展了理智"。故前者地区常表现宗教重于科学,情绪高于理性;后者地区则理性发达,具有科学精神,相反是科学高于宗教,理性重于情绪。该地区人不但要控制自然,而且要控制他人。

以上三位学者从不同学科阐述和发展亚里斯多德的人地观,强调地理环境的决定性作用,被称为是属于人地关系中的"决定论"观点。

三、近代的人地观

在 19 世纪,伟大的生物学家达尔文(1809～1882)于 1859 年出版了轰动世界的巨著——《物种起源》,科学地提出生物的进化论,以"适者生存"、"自然选择"来阐明生物与环境的关系及进化的原因。其生物进化和生物与环境的统一的观点影响远远超出生物科学。

英国当时一位哲学家斯宾塞(1820～1903)把生物进化论引入社会科学,把社会现象类比成生物有机体。他的"社会有机体"学说对有关学科颇有影响。

德国的著名地理学家拉采尔(1844～1904)由于本人有良好的动物学方面素养，在学术思想上深受达尔文和斯宾塞两人的影响，在其《政治地理学》(1897)一书中把国家比作有机体，称"国家是属于土地的有机体"，一个国家必然像一些简单的有机体一样地生长或老死，而不能停止不前。另外，他还提出"生存空间"这一概念，称强大的国家为了生存必须要有生长的空间。并说当一个国家向别国侵占领土时，这就是它内部生长力的反映。此外，拉氏还认为人和生物一样，其活动、发展和分布受环境的严格控制，环境"以盲目的残酷性"统治着人类的命运。

拉氏的思想经其学生，美国地理学家辛普尔(1863～1932)的著作《地理环境的影响》(1911)而得到广泛传播。在该书中，她强调地理环境对人类的体质、民族发展和国家历史的影响。不过，她在阐明拉氏观点时，采取谨慎态度，谈到地理环境对人的影响时，不用"控制"，而用"影响"。与辛普尔同时代还有另一位影响较大的美国地理学家亨丁顿(1876～1947)在其《气候与文明》(1915)一书中极力宣传气候环境对人类行为有控制作用，是社会发展、国家强弱、种族优劣、经济盛衰、文化高低的决定因素。

拉氏的"国家有机体"、"生存空间"的地理环境决定论的思想，加上英国地理学家麦金德的陆心学说被德国豪斯霍费尔应用到政治上，成为纳粹侵略政策工具，造成极坏影响，为地理学界所唾弃。

与德国拉氏宣传地理环境决定论思想的同时，法国的一位伟大的地理学家维达尔·白兰士(1845～1918)却提出截然

相反的另一种人地观——可能论(亦称或然论)。维达尔由于从研究古代历史和古典文学转入地理学,受到人文主义影响,重视人的 作用。在其1889年担任巴黎大学地理学教授后,进一步发挥其地理学思想,竭力反对当时流行的“决定论”观点,提倡“可能论”。他的这种思想影响很大。正如后来乔尔所说:“可以说没有另一个国家的地理学像法国这样以一个人为中心而发展起来的。”

他认为地理学家的特殊任务是阐述自然和人文条件在空间上的相互关系。自然环境提供了可能性的范围,而人类在创造他们的居住地的时候,又反过来按照他们的需要、愿望和能力来利用这种可能性。也就是说环境包括着许多可能性,它们的被利用完全取决于人类的选择能力。

维达尔的学生白吕纳(1869～1930)进一步传播与发挥其思想,并写了《人地学原理》(1925)一书,在欧、美影响甚大。他认为维达尔提出的“人类的选择能力”是来自“心理因素”,心理因素是地理事实的源泉,是人类与自然的媒介和一切行为的指导者。他说:“心理因素是随不同社会和时代而变迁的;人们可以按心理的动力在同一自然环境内不断创造出不同的人生事实来。”所以“自然是固定的,人文是无定的,而两者之间的关系常随时代而变化。”

在上述两种对立的人地观的观点之外,特别是“决定论”的观点在20年代受到批判以后,出现了另一类观点,可以说是强调人与地的相互影响。它们是罗士培(1880～1947)的“适应论”和巴罗斯(1877～1960)的“生态论”。

英国利物浦大学教授罗士培1930年提出适应论。他认为

人文地理学包括两个方面：一是人群对他们的自然环境的适应，二是居住在一定区域内的人群及其和地理区域之间的关系。适应一词既意味着自然环境对人类活动的控制，也意味着人类社会对环境的利用和利用的可能性。人文地理学的研究目的与其说是一种自然的控制，不如说是相互作用。

在美国，巴罗斯于 1923 年在其《人类生态学》一书中把地理学称之为人类生态学。他主张地理学的目的不在于研究环境与自然现象特点，而在研究人类对自然环境的反应。人是中心论题。他认为地理学应当侧重于分析人类在空间上的关系，应当“从极端自然方面稳步转移到人文方面”，应当“论述人与自然和生物环境的相互影响”。

四、二次大战后的人地观

第二次世界大战后，由于科技迅速发展，各国经济发展速度加快，在利用自然及影响自然方面的深度与广度上都已达到空前规模。因此，人们普遍认为科技发展，人类不仅可以大规模开发利用自然，甚至可以改造自然和征服自然。正当我们盲目乐观时，正如恩格斯所说：“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。每一次这样的胜利，自然界都报复了我们。”到 60 年代，严重的环境污染与生态失去平衡的种种事实引起人们注意。于是，人地关系重新引起许多学科的注意。

这时，地理学积极吸收环境学与生态学的成果，提出新的人地观。1980 年，在日本东京召开的第 24 届国际地理大会上，怀斯在开幕词中就指出：“在今日世界人口日增，环境变化

加剧，资源匮乏和自然灾害频繁的处境中，如何去协调自然环境和人类文化生活的关系，已成为国际地理学所面临的主要研究任务”。于是，“和谐论”便成为当前流行的人地观。

除去地理学以外，其他学科亦从自身学科出发提出不同的人地观，值得我们注意。

英国著名的历史学家汤因比(1889～1975)以对人类的文明的研究而闻名于世。他继承和发展了德国学者斯宾格勒的文化形态学的一些观点，认为文明是个有机体，有其起源、生长、衰落和解体的客观规律。他把文明的起源归之于人与环境的“挑战与应战”的作用。这种环境提出的挑战包括自然环境的挑战与人为环境的挑战。他认为文明并不是起源于环境特别方便的地方，而是困难的环境中。这就是所谓“逆境的美德”，安逸反而是有害的。但是，不能说环境愈困难，刺激文明生长的积极力就愈强。这要看其适度还是过量。适度是合适的，过量则不利。

法国历史学的年鉴学派是目前世界公认的一个新兴的重要学派。在研究历史方面，他们继承了维达尔的地理学人地观，主张把历史现象放在一定时空范围加以考察和理解。该学派重要人物布罗代尔提出影响历史的三种时间概念。政治、军事、外交等事件是第一时段，即短时段。如同烟火一样，闪亮之后，就消失得无影无踪。第二时段为中时段，它以节奏较慢、周期变化为特征。主要是研究影响人类生活的经济和人口等方面的变动周期。尽管这些一定周期的历史波动塑造了历史的面貌，但还不是决定历史发展的根本因素。决定人类社会发展的长期作用的是历史的长时段，即第三时段。它包括地理环

境、生态等结构及阻碍生产力发展的其他物质因素对人类行为和生活的限制。因此，只有在长时段中才能把握和解释一切历史现象。

五、对"人地观"的分析与比较

从上所述，可以看到，人地观是一个悠久的命题，它反映了人类生产活动和社会活动领域的扩大，自然环境的差异。各地居民生活的不同，促使人们去思考彼此之间的联系。开始时，从简单的、直观的、表面的联系开始，而后逐步深入。另一方面，又反映出唯心和唯物在认识论上的影响，总是受着宗教、自然科学、人文科学，甚至哲学的影响。因此，分析人地观的发展，不仅对建立正确的人地观，而且对深入了解认识论亦将有重要意义。

人地观在西方的发展中，除去中世纪在宗教影响下一切都是神所创造的"神创论"外，直到本世纪初，环境决定论一直占主导地位。在古希腊时，其"人地观"是表面地、直观地探索人与地的联系，但却带有"决定论"的色彩。到文艺复兴后，环境决定论重新兴起，虽然其在反对上帝创造一切的主观唯心主义的"神创论"，追求学术思想上的自由等方面，有一定的进步意义，但是它不分时间、地点、条件，过分强调环境的决定作用，不能不陷入机械唯物论的陷阱，在说明人类社会发展时看不到人的作用，并且用自然环境因素单纯说明人的属于文化特征的民族性格，又表现出唯心主义的错误。把达尔文的关于生物进化方面的理论机械地搬到人类社会中来，不仅站到社

会达尔文主义一边，而且后来为法西斯侵略所利用，遭到学术界的普遍唾弃。

如果说，“决定论”是强调“地”的“决定”作用的话，“可能论”则是过分强调“人”的“选择能力”。“可能论”只说“地”是提供“可能”，毫无别的作用，至于实现何种可能完全取决于人的选择。可是，人根据什么去选择，是什么动力去推动他去选择，维达尔未说，其学生白吕纳称是“心理动力”，它是“随不同社会和时代而来”。

“决定论”和“可能论”都只是强调人地关系中的一个方面，缺乏对两者的彼此关系作历史的、唯物的和辩证的阐明。为此，出现了罗士培与巴罗斯的“适应论”与“生态论”。其实，他们仍然借用生物对环境的适应、生物与环境的生态关系来比拟人与地的关系。现代提出的“和谐论”，是在当前出现环境危机，生态不平衡问题严重时，作为研究环境问题，解决生态不平衡的指导原则，它并不是也不可能反映人地关系的实质。如果人地关系是“和谐的”，则不会提出这一指导原则。可见，“和谐论”既不反映过去，也不反映现在人地关系的实质。

地理学中重要的人地观，过去曾注意吸收相关学科的论点。今天，地理学更应注意其他学科有关人地关系的观点，特别是某些学科在这方面已有很好进展，而地理学过去相对忽视这方面研究而正处于落后的时候。

根据过去存在的问题与其他学科在这方面的成就，今后在人地关系研究方面应注意以下几点：

①应当区别自然的人与社会的人与环境关系的差别。不能简单地把生物与环境的关系代替或比拟成社会的人与环境

的关系。

自然的人基本上与动物相同，是靠自身的体质与生理来适应自然环境。而作为社会的人，他是靠文化及有组织的群体来适应自然环境与人为环境。人类学就注意这两种人的不同特征，并分为体质人类学与文化人类学两部分。文化人类学的一些概念应值得注意。

②应当注意历史地分析人地关系。因为早期的人，文化发展水平比较低，技术比较落后，人的组织规模与程度也都比较差，其对环境的影响小且受环境的制约也比较大。正如普列汉诺夫所正确地指出的："地理环境对于社会人类的影响，是一种可变量。被地理环境特征所决定的生产力的发展，增加了人类控制自然力的权力，因而使人类对周围的地理环境发生了一种新的关系"。不分时间与条件来谈论什么"决定"，"控制"，"影响"，"适应"，"改造"，"征服"等难免会引起不同的理解。相比之下，汤因比用"挑战和应战"来概括人与环境的关系倒有其合理之处。

③地理环境对人的影响虽然是多方面的，但主要还是对生产力发展的影响。法国历史学的年鉴学派就是把地理环境看作是长时段的作用，它是通过影响生产力发展的其他物质因素对人类行为和生活的限制而发挥作用。

④地理环境是通过生产力的状况对人类的全部社会关系以及对人类的整个思想上层建筑的影响。地理环境对经济基础的影响，地理学比较注意，但对上层建筑的间接作用则不大注意，特别是"环境决定论"受到批判之后，更变得很少有人问津。其实，马克思主义基本原理就包括经济基础决定上层建

筑。地理环境既然影响生产力的发展，当然也会间接地对上层建筑与思想意识产生影响。毛主席提出，"人的正确思想是从哪里来的？是从天上掉下来的吗？不是。是从自己头脑里固有的吗？不是。人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会生产斗争、阶级斗争和科学实验中来。"只有在时、空的背景中，才能正确地理解生产斗争、阶级斗争和科学实验在利用自然环境与人为环境和受其限制方面的有利的及不利的条件。

总之，人地关系是地理学中的一个重要理论，它有长期的发展历史，反映了人们的认识过程。到今天，还不能说对这一问题有了彻底认识。但是，如果有了比较正确的认识，毫无问题它不论对地理学的理论建设，还是对地理学的实践都将起着重要作用。虽然"人地关系"涉及一些学科，但地理学应在其中起着关键性的作用。近些年来，钱学森同志倾心我国的建设与地理科学发展，多次提出"地理科学"问题。他认为自然科学应当与人文科学交叉，应当从整体上考虑并解决我国建设中的重大问题。实现钱老这一设想，地理学家除了应当参加国家的重大建设问题的研究外，还应当从国内外的、古与今的人类实践活动与环境关系中总结人地关系的具体过程，概括出其理论内容。它不但丰富了地理科学理论建设，而且对客观实践将起着指导作用。

参考文献

〔1〕袁华音，《西方社会学思想史》，南开大学出版社，1988年。

〔2〕侯均生,《西方社会学思想进程》,辽宁人民出版社,1988年。
〔3〕李旭旦等,《人文地理学》,中国大百科全书出版社,1984年。
〔4〕普·詹姆斯、杰·马丁著,李旭旦译,《地理学思想史》,商务印书馆,1989年。
〔5〕狄更生、霍瓦士著,王勤育译,《地理学史》,商务印书馆,1939年。
〔6〕张广智、张广勇,《史学,文化中的文化》,浙江人民出版社,1989年。
〔7〕张广智,《克丽奥之路》,复旦大学出版社,1989年。
〔8〕保罗·佩迪什著,蔡宗夏译,《古代希腊人的地理学》,商务印书馆,1983年。
〔9〕罗伯特·迪金森著,葛以德等译,《近代地理学创建人》,商务印书馆,1984年。
〔10〕恩格斯,《自然辩证法》,人民出版社,1971年。
〔11〕《普列汉诺夫哲学著作选集》第一卷,三联书店,1959年。
〔12〕毛泽东,《人的正确思想是从哪里来的》,人民出版社,1964年。

地理系统研究的理论与实践*

张　超　(华东师范大学地理系)

现代地理科学及其实践活动的基本特征是系统思维方式的发展和应用。自“地理系统”这个概念提出以后,便涉及用系统观点来研究地理客体,从而使这个概念逐步发展成为地理系统学说。该学说不仅作为一般理论而且作为具体的应用研究方向而著名,在它的应用研究方面已有了地理系统工程、人口系统工程、环境系统工程、区域规划系统工程等一系列新颖的著作。

一、地理系统及其分类

早在1967年原民主德国地理学家E. 尼夫(Neef)就明确地表述了他把地理系统作为地理研究对象的看法。他强调指出,系统观点首先应

* 1991年10月在地理建设理论与方法研讨班上的发言。

当表现在系统方法本身的具体应用上，特别是一定要获得质上的新结果才行。

美国地理学家 G. R. 拉姆尼(Rumney)在 1970 年发表《地理系统：陆地、海洋和大气的动态整体化》一书，分析了全球(行星)统一体。他的思想依据是大陆、大洋和大气层由实现能量、物质和运动交换过程在动态上联合为总的系统，这种固体、液体和气体物质，在其固有的地理分布范围内的有组织的相互作用，就是系统。

我国著名的系统科学家钱学森教授认为：从系统科学的观点来看，地球表层是一个系统，它包括了非生物、生物和人。三个部分之间相互联系、制约和相互作用。这个系统称作为地理系统或地球表层系统。从空间范围上看，包括岩石圈、水圈、大气圈等具有层次结构的特点；从时间尺度来看，有微观的秒—厘米量级的分子扩散到宏观的全球尺度的百年运动，十几年、几十年的时间尺度是地理系统区别于地球系统的特点。地理系统又是开放的，它与外界有物质和能量的交换。这一论述更全面更能反映地理系统的本质。

地理系统的概念已为广大地理工作者所接受，目前已发展到对地理系统进行分类。

英国地理学家 R. 乔利(Chorley)和 B. A. 肯尼迪(Kennedey)按复杂性增大的顺序排列，将地理系统分为形态系统、级联系统、过程—响应系统和受控系统(1971 年)。10 年后原联邦德国地理学家 H. 克卢格(Klug)等提出了同样的系列，即相关地理系统、过程地理系统、过程—响应地理系统和受控地理系统。

形态或相关地理系统是对地理要素进行一系列观测和主要组合的相关分析、离差分析和回归分析，获得关于地形、土壤、植被、小气候、生产力指标、热水交换状况等资料，查明系统各组分之间的相互联系，认识形态或相关系统的主要特征，确定结构关系网络。

级联系统或过程系统是反映能量和物质通过状态上关联的一系列亚系统，每一个亚系统都具有确定的空间范围和特殊的环境。任何地理系统都是物质、能量循环（级联系统）和它形成组合的动态统一体。

过程—响应系统的实质是指地理系统是过程和结果（发生和现代组织、功能、作用和结构，每一时刻的变化和状态）的统一体。由于各过程和结果之间的相互作用，使地理系统不断地从一种状态转变为另一种状态。对此，动态模型的研究起关键的作用。这种模型以相互更替状态或时间变异系统的形成反映地理系统，并吸收相关模型（所谓的结构模型）和物质—能量交换模型（功能模型）获得结果。

地理系统动态研究是开展地理预测、地理规划、地理环境保护的基础。因此，这类研究对于形成受人类智能控制的系统具有重要意义。R. 乔利和 B. A. 肯尼迪指出，地理受控系统是指："在这些形成物中，主要为非空间的社会—经济系统与主要为空间的过程—响应型系统相交叉"。这种系统包含现代地理学问题的核心。类似的思想也表现在"关于地理技术系统"的概念中。

从上面的论述可以看出：

（1）系统思想与强调综合的地理学颇为相似。系统思维方

式的实现大大提高了地理学家对生物地理群落学、生物圈学说、地域生产综合体理论、中心地理论等传统科学方向的兴趣。但是,系统的观点不同于综合性原则的一般理解,这种理论在区域地理学中长期占统治地位。地理系统概念不是把自然和社会—经济简单汇集在一起进行研究。地理系统是地表特有的自然和人类统一体的界线、量纲级、处境和地理相互联系、结构、动态和功能、作用、组织、自调节和稳定程度等一类概念的基本含义所在。

(2)地理系统概念同整个地理学历史上最伟大的思想动荡时期之一直接或间接相关。这个时期就是地理学的"数量革命"。

(3)地理系统的引入,号召地理学家用"新的眼光来观察老的问题",动员研究者建立理论,研讨方法论,应用新方法和改进研究技术。并从数学、控制论、信息论、工程技术学科、物理学、化学、生物学、经济学、心理学等引进概念,从而为地理学家提供了与其他学科研究者沟通的共同语言。

(4)地理科学不再是没有相当严格的科学标准,不再是对解决当今世界迫切的基本问题无所作为的"传统的"、主要为描述性的知识领域。今天的地理科学已成为地表自然界和该自然界与人的相互作用的科学。应当对人类科学技术的进步,对提高社会劳动的物质和精神效率的事业起着比过去更大的作用。能满怀信心地发现和消除特有的自然和社会规律表现形式的基本知识中的"空白点",完成关于科学地预测地理现象的分布和变化,形成最佳的地理环境和保护该环境,也就是现在常称为理论、控制、建设等之类的地理学。

二、地理系统与地理学的理论建设

钱学森教授指出，地理科学是自然科学和社会科学的汇合。地理系统不是现在很时髦的生态系统，比生态系统还要复杂。生态系统只讲了自然环境。其实人在里面已经影响了生态环境，已经把自然环境改造了。人要考虑的是：怎样改造自然环境，使之更适合于人类的生存，所以地理系统就是一个非常复杂的系统。这一点对地理学的理论建设具有非常重要的意义。

伴随着现代科学向整体化、综合化发展的趋势，地理学在长期分化发展之后，目前又重新走向综合。作为地理学传统对象——区域，又重新成为地理学中热门的研究对象，实际上，综合性区域研究（包括国土开发与整治、经济区划、区域规划、区域发展战略研究、区域综合发展预测、区域总体设计等）现已成为地理学的一大主要研究课题，当然经过不断的发展和研究方法的革新，现代区域研究同过去传统的以描述、现状分析为主的区域研究相比，在内容上、方法上均有极大变化。在内容上强调区域系统的预测与规划，为区域开发决策服务，在方法上强调以“系统思想”为指导，以电子计算机为工具，运用“系统工程”的方法，开展综合性的定量研究。

区域研究的范围很广，从空间范围上看有全球性的区域研究、国家级多区域研究、地区级多区域研究、单区域研究之分。国内目前偏重于单个区域的研究，国外对多区域研究则比较重视。区域涉及的内容很多，范围很广，涉及到自然、人文、

人口、经济、社会、生态、环境、管理规划等许多方面。因此，区域研究需要运用运筹学、系统工程、现代控制理论、耗散结构理论、协同学、突变论等理论与方法。

早在1980年初的第四届全国地理学会大会上，吴传钧教授就已提出人地关系地域系统的形成过程、结构特征和发展趋向是地理学研究的中心课题。

80年代以来，人类在面临人口、资源和环境等全球性问题的形势下，国际地理学的趋向是强调综合研究，着重探讨资源的地域组合，分析地区的优势和潜力，提出地区综合开发，建立最优地域社会经济结构。1981年中国共产党中央委员会决策，把国土开发整治提到国家议事日程上，我国地理界则努力为国土整治服务，使地理学的发展既满足社会主义现代化建设对地理工作的客观要求，又顺应国际地理学的发展主流。地理系统分析、地球表层系统、地理系统工程等理论正是在这一背景下提出来的。

地理学研究的主题是地球表层多种现象在多种方式下相互关联所组成的一个综合体，但是在地理学内部各分支学科之间，特别是人文地理和自然地理两大分支之间，常出现分道扬镳的状况。尽管传统地理学一再强调“地理学最关心的是人文世界和非人文世界的关联”。然而在人文地理学中，人文要素经常被作为结果，而自然要素被作为成因，从而产生了一个重要的实际上非常恶劣的后果，这就是使许多人文要素在区域系统中作为成因没有得到认识，虽然作为结果被详尽地作了叙述，这充分表明对社会事物作为成因的基本重要性缺乏认识。

例如在交通地理中,长久以来地理工作者把铁路作为距离、地形、资源以及生产潜力等条件的相关产物(毫无问题,这些当然是很重要的)。然而对人类远较复杂和重要的是铁路作为成因,认识不足,事实上铁路影响到它们所贯穿的地区许多地理要素。

在农业地理中土地所有制这一重要因素对决定一个地区的农业设施、聚落分布以及整个经济具有深远影响。党的十一届三中全会以后,我国农村的经济改革、联产承包责任制等,对促进我国农业的发展起了很大的作用。

因此,我们说地理系统论否定地理学发展的二元论,否定把人和自然截然分开的观点,也否定把自然和人文作为简单的因果关系,甚至没有必要把地球的所有要素或因子划分为自然的和人文的两大类,去探索什么"减去人类的自然界"的法则。我们同意这样的观点,即不可能将一个居住地区及其居民分割开来加以考虑,否则,地理学就不再是活的整体,而只是某种死的和不完整的。在美国,《美国地理学》一书的编辑委员会经过讨论认为:"自然地理学和人文地理学的区分,模糊了而不是澄清了地理学的真正性质"。

在地理区域系统分析中,遵循系统法则,通常不会追求自然因子和人文因子的区别或两个明显的组成部分,只是所研究的要素一部分可能主要由自然决定,另一部分主要由人决定。

三、地理系统的分析方法

地理系统是复杂的多要素、多层次的开放巨系统。钱学森教授提出对这样复杂系统"用从定性到定量的综合集成方法来研究整体性的问题"。

近 20 年来，西欧的普利高津的"耗散结构"和哈肯的"协同学"的理论和方法，可以用来处理开放的简单巨系统，而不能用来处理复杂巨系统。因为在他们的理论中应用十几个、二十几个参数，如果把包括社会现象的复杂巨系统，归纳为十几个、二十几个参数，显然只能是主观现象。地理系统包含有人的因素，它是一个复杂巨系统。在实践中哈肯、普利高津的方法用不上。认识到这一问题，使我国地理学家对地理系统的认识和运用系统分析方法前进了一大步。

在解决复杂巨系统的研究课题的时候，常常要请一些有经验的专家，征集他们的意见，但不同的专家，有不同的经验，需要把他们的意见综合起来。如果要有定量的结论，则要到国家统计部门获得大量的统计资料，这样的综合只能用很大模型，几百个参数，构筑模型也必须以专家意见为指导，然后把数据放入模型中计算，通常计算要在大型计算机上进行，计算结果再请专家发表意见，分析哪些参数太高或太低，再根据专家意见修改模型，调整参数，经过几次反复，得到较为满意的结果。钱学森教授称这样的方法为"从定性（专家意见）到定量（模型、计算机计算）的综合集成（零星的综合成全面的意见）方法"。这个方法经过实践的检验，证明是行之有效的。

这里自然也会提出这样的问题，有实践经验的专家成百上千，他们在接触事物中也有自己的局限性，如何综合集成呢？目前有知识工程、专家系统、人工智能及大型计算机，将为地理系统分析提供技术的支持。

应用这一方法的重点是对地理系统的认识。社会主义建设需要有环境、基础条件，这就是地理系统，它是指客观的环境条件也包括世界形势。地理系统是开放的复杂巨系统，只能用研究开放、复杂巨系统的方法研究它，用从定性到定量的综合集成方法研究它，现在没有其他的方法，确立这一观点非常重要，它不仅使我们认识到地理学研究的目的、方法，而且将有力地促进地理学的发展和进行地理学理论建设。

四、地理系统研究在区域研究中的应用

国外对地理系统分析的代表性著作是国际应用系统分析研究所的区域开发组所著的《区域开发模拟：理论与实践》一书（1983 年北荷兰出版社）。介绍了保加利亚的锡里斯特拉地区的区域开发的模型系统。该模型系统的主要特征为：

(1)国家系统中的区域。由于国家计划系统是集中化的，每一地区要受其约束，因此区域模型系统必须把国家级计划考虑进去。

(2)区域级上的管理职能。计划系统赋予区域管理机构三个主要职能：①区域最优化。主要部门的规模与产业应通过技术进步达到最优化。②协调。子系统设备的生产量与分布应同可利用资源的数量与分布协调。③战略规划。制定区域开发方

案并加以分析。

模型的结构为：

(1)系统预测。用锡里斯特拉 37 个工厂的数据建立了区域投入产出表。基本投入产出模型称为预测模型，其结果将作为以后时期的约束条件。子系统模型亦受区域可利用资源和人口发展模型预测结果的约束。这样，模型系统本质上是逆推的。

(2)连接过程。投入产出模型的结果用来作为一系列计算的输入，这样使得不同区域的需求相互连接起来。模型通过子系统模型的约束条件、区域各部门最优化、每一区域各部门的生产水平、整个区域开发的最优化、区域内子系统的协调、区域战略性开发等六个阶段连接起来。

接着是模型的数学描述，这里使用的是生产能力—布局模型，并介绍了用来估计逐级得到的解与基于局部分析的解之间差异的一些社会经济指标。

国内将地理系统分析应用于区域规划的代表著作有：向元望等编著的《区域规划系统工程应用——模型、方法、程序》(系统工程编辑部，1987 年)，袁嘉新编著的《系统论在区域规划中的应用》(社会科学文献出版社，1987 年)等书。他们都结合地区或县城规划的实践，运用系统分析、模型化、最优化的方法，解决生产实践中的问题，分别建立人口子模型，人口生活消费子模型，文化教育子模型，劳动力需求子模型，医疗、卫生、保健子模型，环境保护子模型，城镇建设子模型，科技发展子模型，非生产性投资子模型，流动资金需求子模型，物资、产品调入调出子模型，社会消费子模型，各产业部门发展子模

型。总体设计建模提出了各子模型应该具有的功能特性方面的研制要求，使它们可以联接装配形成一个有机的整体。

地理区域模型系统按其性质与用途可分为静态模型与动态模型，随机模型与确定性模型；理论模型、预测模型、模拟模型及最优化决策模型。

在区域开发规划与设计过程中，进行地理系统分析，常用的有区域环境辨识模型、系统诊断模型、投入产出模型、系统辨识模型、系统预测模型、系统动态学模型、最优区位模型、最优规划模型、战略决策模型等。上述模型在张超等编著的《地理系统工程》一书中有详细论述。

五、结 论

1. 江泽民同志在 1989 年 12 月 19 日全国科学技术奖励大会上，讲了科学技术是第一生产力的问题。地理工作者必须站在这一高度，促进地理学、地理科学成为第一生产力，使地理学在“软”“硬”两个方面更好地为生产建设服务。地理系统的研究，将促进社会主义建设事业的发展，同时促进地理学本身的现代化。事实已经证明，即使地理学的一个一个的分支学科有很大发展，还不能说地理学就有很大发展。这里最重要的是要从地理学整体上考虑，而不是就个别分支学科而言。

2. 要将遥感和电子计算机技术应用于地理系统分析。现代地理学的发展，必须应用现代技术手段，获取大量地理数据，特别是地理遥感取得的大量信息，这些信息的处理必须依赖于电子计算机。在国外，地理信息系统和电子计算机的应用

已成为地理教学和科研的重要支撑。这方面我们和国外有一定的差距，必须进一步赶上去。

应用先进的技术手段，也是从地理学发展的整体来考虑问题的，这是总体设计的概念。地理要实现从定性到定量、从分化到综合的这个飞跃，运用先进的技术手段是关键一环。

3. 用地理系统的分析解决几个重大的实践和理论问题。吴传钧教授在“国际地理学发展趋向述要”一文中指出在当前和今后一段时间，地理学一些重要的研究课题为：

地区综合发展——从地区蕴藏的资源和建设条件入手，探讨优化人地关系的具体建议，提出因地制宜的发展战略。

地区资源系统——一个地区的各项自然资源之间存在着相互依存关系，形成一个资源系统，它和当地的生态系统有着有机联系。当一项资源开发以后，往往产生一系列连锁反应，影响到整个生态环境和资源系统，为了更好地规划资源的开发和保护，就需要研究一个地区资源系统的结构和功能，考虑地区资源的整体性和稳定性。

全球变化——这方面的研究已由气候变化扩展到从全世界着眼探讨整个地理环境的变化以及和人类活动的相互关系，并进一步设法度量在变化过程中的人地关系。

自然灾害的防治——地理工作者可以从事各种自然灾害的成因、分布、预报预测和防灾措施等方面的研究，各种自然灾害都有各自的地域性，但各种自然灾害之间也存在着一定联系，因而对于自然灾害也要以地区为单元，进行综合研究。

海洋经济和立法——摸清与我国有关的 300 多万平方公里海域内的资源情况，加强海洋经济开发和立法研究。

运用地理系统分析的方法，解决上述地理建设问题，并在此基础上，用地理系统论的观点建立区域地理学。

4. 地理系统是一个开放的复杂巨系统，根据这一特点，不能用近代科学还原论的方法（把问题进行分解、再分解，一点一点地分解下去，直到问题解决），也不能用传统地理学的描述性的综合来解决，更不能只强调人的主观作用，而把客观存在的物质给丢了。要坚持实践，从感性到理性，从定性到定量，进行综合。一定要提高到理论的高度来看科学方法的问题。

5. 用地理系统的观点，培养一批新型的地理学家，他们既是地理学专家，又能看到现代科学技术发展的全貌，并能在我国地理建设中作出突出贡献。

地球科学的复杂性与系统性*

陈述彭 （中科院、国家计委地理研究所）

一、复杂与简单的螺旋

科学的发展，往往要经历由低级的复杂，上升到高级的简单，然后在简单的规律中，又发现异常，出现新的复杂问题。循环往复，对自然界的认识，呈螺旋式上升。就像脱氧核糖核酸(DNA)的微观模型，天体演化的黑洞结构，地质—地貌的发育旋回，(甚至经济衰退的周期)等等，大体都是螺旋式的。似乎人类的认识过程，不过是这些大自然的运动规律的再现，具体而微罢了。循序渐进，符合自然运动规律的认识，就会有所发现，有所发明。如果不幸误入歧途，也有可能走火入魔，不能自拔。达尔文(1809

* 原载《地理科学》第11卷第4期，1991年11月。

～1882)根据他环球旅行时长期观察的事实，研究生物的遗传和变异，编著《物种起源》(1859 年)，再版 6 次，对于宗教愚昧，产生有力的冲击，从而促进生物学的发展和社会进步。但他得出的优胜劣败、自然淘汰的结论，移植到人类社会领域，却被利用成为法西斯侵略、屠杀弱小民族的理论依据。达尔文临终时深感忏悔，接受了教会的洗礼，寻求灵魂的依托。他的人生经历对于科学工作者是发人深省的。伟大的科学家成为渺小的哲学家的，又何止一人！

人类认识自己居住的星球，经历了十分曲折的道路。前仆后继，大约花费了将近 1 000 年的时间，开展航海和探险活动，直到 1542 年的西方地图上，马来半岛西部的海岸线还一直向东连接着南北美洲、西印度群岛。偌大的东亚和太平洋，在当时西方文明人的认识中，竟没有它的存在。在古代，中国也自命为居天下之中，唯我独尊。普天之下，莫非王土；率土之滨，莫非王臣。地中海为中心的西方世界，在当时的东方文明人的心目中，同样也是不存在的[1]。

随着陆上和海上丝绸之路的沟通，指南针和望远镜的发明，人类观测地球有了长足的进步。从 16 世纪到 19 世纪，历时 300 余年，经过测量绘制的地图大约占大陆面积的 30%左右。20 世纪初开始航空摄影，到中叶大约覆盖了陆地面积 70%。发射地球轨道卫星至今不到 40 年，多波段扫描的陆地卫星影像很快覆盖了全部陆地，包括无人永久居留的格陵兰和南极大陆。1992 年即将完成全球大陆大约 7 000 幅 1：150 万的卫星影像地图，它的地面分辨率达到 200m。极轨和静止(地球自转同步)的气象卫星，则每天都向人们发布全球的图

像,反映风云的动态变幻。测地、导航卫星的全球定位系统,对地球表面的三维定位精度,已达到米级甚至厘米级,可能要用39位编码才能详细描述它的经纬坐标格网。这些技术的进步说明人类认识地球是在加速度进行的。在使用简单的测绘工具和平台的时代,人类认识地球是十分艰难的,有局限性的,随着航空、航天多平台和多谱段遥感技术的进步,工具和平台的确定复杂得多了,但信息却极大丰富,观测地球似乎简单得多而又得心应手了。

当然,技术上的复杂化并不一定意味着科学的进步。先进的科学概念往往需要经过很长的时间,才会得到技术上的证明。往往是很久很久以后,才能得到社会的认可和理解。这类例子是屡见不鲜的,例如多边形地图(日常遇到的划分省、市、区、县的地图),1852年数学家摩根就发现有个地图四色问题,即任意多边形组合的分区地图,用色不必超过四种颜色,即可避免相邻区域的雷同。这个现象一直到1976年,花费了将近1 200小时的计算机运算,才得到了证明。又如著名的魏格纳假说,早在1910年根据地图上大陆轮廓的彼此对峙而且可以镶嵌的启示和地层、古生物的论证,提出大陆漂移学说,当时受到许多科学家的非难和指责。但是60年代板块学说兴起,它又重新受到重视,洋脊扩张的事实日渐被发现,古地磁观测、深海钻探记录和卫星动态监测,愈来愈证实了他的推理是正确的。上述事例说明,技术的进步有时可能落后于科学的思维,人类的思维至今还不是电脑完全可以模拟出来的。或者说,在人类思维中可能看来比较简单的、有规律可寻的自然过程,在技术上再现则是非常复杂的。我国易经上的八卦,不能

不承认是二进制的雏形；我国晋代地图学家裴秀总结的“计里画方”，元代以后才辗转传播到法国，也可看作是现代计算机辅助制图中栅格地图概念设计的鼻祖。不过当时只是朴素的、直接观测自然现象推导出来的、定性的、形式逻辑的规律；而今则是进一步剖析了事物的机理之后总结出来的科学方法。似乎是将简单的科学概念，用复杂的技术加以证实和应用。

从地球科学研究的历史发展过程中，我们不止一次看到这种复杂与简单的旋回。在某一历史阶段认为是时髦的、复杂的科学问题，随着思维的提高和技术的进步，可能豁然开朗，迎刃而解。例如地理坐标对于空间定位是至关重要的地学基本问题。我国古代科学家僧一行、郭守敬都为之作出了历史性的贡献。为了把地球椭球体的表面展布在二维的地图上，加以合理的描述，自托勒密(90～168)以来，数学家和地图学家一道，大约设计了近 300 种地图投影方案，其中墨卡托(1512～1594)投影体系应用最为广泛，不仅在航海探险时期盛极一时，而且直到 20 世纪还演化成为适应于陆地的两大地图投影体系：“东方阵营”采用高斯-克吕格投影；“西方阵营”采用斜轴墨卡托投影。于是，地图学家们一度忙于设计和推导许多地图投影相互转换的公式，以满足不同国家政治上和军事上的需要。时过境迁，现在有了电脑和卫星全球定位系统(GPS)，直接获取地球表面三维的定位数据，卫星遥感与航空摄影也实现了全数字化，地球表层的大量信息都可以直接输入空间型的数据库，按三维地理坐标存储着地球表层的多种信息，直接通过电脑，实现多种信息的叠加、复合和综合分析，然后按照指定的地图投影分幅输出专题地图或地形图。有了这种空

间型的地理信息系统，各种地图之间的投影转换的公式，各种地图之间的转绘工具就将渐渐被人们束之高阁了。原来复杂的科学问题反而简单化了。回顾历史：19世纪中叶，为了确定伦敦附近的格林尼治标准子午线，召开过多次国际学术会议，把当时巴黎、华沙、北京等地各自为政的子午线统一起来，实现了世界时和地方时的标准化，为航空、航海、航天带来了很大的方便；也为大地测量、地图分幅体系奠定了规范化的基础。这一"简单化"的决定，对天文、地理、空间定位来说，影响都是十分深远的。

为了逼真地反映地球表面的微小起伏，地图学家曾经设计过许多富有艺术性和科学性的表达方式，力求在二维的地图平面上，直观地显示三维的地形。诸如适用于18世纪铜版雕刻的晕滃法，适用于19世纪照相制版的晕渲法，适用于今天计算机显示的三维图解等等。工艺流程都相当复杂。其中最成功的自然要算等高线法。它的流传已达300年之久。20世纪初，虽然有了航空摄影测量像片，还是要从航空立体像对读取高程数据、纠正透视像片与正射地图之间的几种关系，建立了严密的航空摄影解析测图的原理和方法，设计了相当复杂的光学机械测图仪器。目标主要是测绘出用等高线绘制的地形图。然后地图学家又根据航空摄影测绘的大比例尺地形图，逐级缩小编绘出中、小比例尺的地图。因此，在50～60年代，德国和苏联的一些地图学家提出了许多数学公式和地学模型，发表了许多论文，探讨等高线的概括和简化。一度成为地图学的热门话题。但在实现了全数字化的图形与图像信息处理的今天，上述这些复杂的手工艺生产流程都将被计算机操

作所取代，人们可以跨越从航空像对光学模型读取数据，绘制等高线图，再间接读取高程，建立数字地形模型的反复过程，而是直接由航空或卫星像片，读取数字地形模型，输出等高线图、阴影图或三维图解。通过计算机找到了捷径，作为地球科学信息载体的地图，它的生产工艺过程和工程设计一样，采用近似CAD、CAM的现代化流程。对于过去繁琐而又重复的手工劳动来说，计算机辅助制图CAC无疑是一次技术革命和思想解放。

二、观测地球的窗口

我国地球物理学家顾功叙教授提倡“地球科学要走向现场实验”[2]。他深刻指出：“凡提出一种科学论点必须有实验证据，证实其论点并固定下来，才能使科学有所前进。否则就会长期停留在推理和争议状态。但是，地球(指固体部分)这样庞大的实体，是无法搬进实验室内来改变和控制其所处的条件进行实验的。这就使地球工作一直是以被动观测和推论为主，不能主动地进行实验来验证任何论点，因而大大限制了学科本身的进展”。他举地震为例：只根据地面上的一些“边界条件”推测地下“内情”，必然会引起多解性，各家有其各自的论点，争论就成为经常的、不可避免的。不研究地面上出现的各种所谓的“地震前兆”与地震发生之间的内在联系，又怎样准确地预报地震呢？

如果“在地面上一点发放人工地震波(爆炸或其他震源)，并在其他点上接收其从地下传播上来的反射波和折射波，从

中提取深处面或折射面的信息。它主要是为了探明地球深处的物质结构。例如我国地质学家根据地表观测提出了许多深大断裂的设想，这些断裂在地下究竟如何伸展，多深、多大以及其他情况，地震波实验也有可能提供一些线索。因为在勘探石油构造方面利用地震波反射技术，已经得到高度的发展，地震波入地较深，而反射波实验的分辨率又较高，就是深达10km 的地壳结构，现在也有可能探明”。

他希望“力求打开一点通向地球深部的窗口”，“按一点的科学思路以及采取一些实验措施，以迫使地球显示其奥秘，答复人们所期待解决的地球科学问题。这就要求精心设计实验的过程和细节，力求获得地球给予最确切的信息”。“为此目的，观测乃是主要的途径”。

卫星遥感和人工地震方法颇有近似之处，它利用电磁波穿过大气窗口去观测地球表层，获取辐射或反射信息。无疑它为地球科学研究，特别是以全球为对象的宏观观测，提供了一种空前未有的技术手段。它的突出的优点是：能够周而复始，快速覆盖广大地面，从而获取准同步的、长周期的自然与社会现象空间分布和动态数据。对于整个地球来说，信息量极大丰富，而且定位、定性、定量的精度比较高，自然与社会现象的综合性与区域对比性比较强。它是物理手段，数学方法与地学规律密切结合的又一成功的范例。

遗憾的是，即使地面分辨率很高的对地观测卫星，它们的许多像元仍然是信息的复合单元。这是地球表层客观存在的浑沌现象的反映。姑且不说极轨气象卫星(如 NOAA)的地面分辨率大约是 1.1～1.4km；即使是陆地卫星和 SPOT 卫星，

每个像元的地面分辨率已达到 20m×20m，甚至 10m×10m，但在这样的一个像元之内，可能同时存在着柏油马路、行树和沟渠的组合，而且春夏秋冬绚丽多彩的季相变化，所形成的地物波谱的浑沌现象，就更加难解难分了。要想提取其中某种特定的信息时，滤波筛选也就十分复杂了。目前，由可见光到红外线成像的光谱仪，我国研究的仪器已细分到 70 多个波段，美国的设计已超过 224 个波段，但是每个（或每组）细分光谱波段的物理和地学含义，即它们的地物对应关系却还很不清楚。这样巨大的对地观测的信息量，单只依据统计相关是不可能充分发挥它们的作用的。地球科学家长期以来，重视地表层的物质流与能量流，对信息流的研究不多。而又恰恰是信息流，如前所述，正是现代地球科学的主要研究手段。当务之急是，需要地球物理、生物地球化学和遥感信息多学科之间的进一步合作，共同探讨地球表层信息传输的机理。下面举两个浅显的例子，说明地球表层信息流程的复杂性。

北京的内外城墙和元大都的土城，在 50 年代末陆陆续续地被拆除了。原来是城墙和城壕的地方，现在修建了地下铁道和水泥的汽车干道。但从今天的卫星影像上，抚今追昔，仍然可以辨认古城墙的轮廓和地理位置。换句话说，今天卫星影像上的二环路，仍然残存着古文化的痕迹，传递着历史的信息。正是由于历史的继承和烙印，考古专家和遥感技术专家合作，利用人工夯实过的基地上，土壤、水分和灌木、草丛的生态都与自然土壤有着明显的差异，使北京市内的长城遗址，原来统计只有 276km，1983 年经过航空遥感，发现古长城遗址总长达 673km，丰富了旅游资源。这是利用痕迹学研究历史过程，

复原景观，由此及彼，以今论古的一个实例。

又如华北平原的任丘油田和塔里木盆地的北部油田，分别掩埋在几百米厚的沉积层下或数十米厚沙丘深部的储油构造，在红外、可见光卫星影像上都有隐隐约约的反映。非洲撒哈拉大沙漠埋深200米以下存在着古河道，也同样被后来勘探所证实。这些奇迹般的发现，并不能简单地认为遥感有这样的"透视"功能，也不能用微波对植被、干沙或干冰的长波穿透能力来解释。可能它是一种信息的传递。即由于深部基岩构造(或古潜山)的起伏，使其上面覆盖的沉积层(或沙层)厚度、密度、承压力产生差异，而厚度、疏密和承压力的差异影响着地下水的活动，反映到地表上来，就出现土壤墒情和植被(包括作物)长势、覆盖度的微域差异变化，从而产生对叶绿素和水分敏感的红外效应，才把深部的信息通过复杂的自然过程传递到地表上来。这也就是利用"生物—地球化学"、"指示植物"知识找水、找矿的最简单化的推理过程，它和前述物理勘探颇有异曲同工之妙用。它们已经发展成为新的学科分支，在水文地质和环境工程地质，在金矿、铜矿和油气田勘探工作中是卓见成效的。

地球深部的信息传递到表层上来的自然过程是十分复杂的。并不是所有的深部信息都有可能成为有效的遥感信息。姑且不讨论现代遥感技术捕捉这些微弱信号的能力，也暂不评述对大气传输已经设计的许多计算模型(这方面的研究贡献是相当丰富的)，只想补充说明一点，地球表层信息在所经历的自然历史过程中，由于阶段不同对信息传输所产生的增强或衰减的现象。例如从地球深部喷发到表层的玄武岩，同一座

火山先后喷出的岩性是多种多样的。即使是看上去基本相同的黑色玄武岩，由于喷发的方式和时期不同，形成颜色斑斓的风化壳或铁盖，在彩色—红外航空照片上就有明显的差别，比野外肉眼观察到的要复杂得多。可以说，风化和氧化作用把它们之间的信息差别“增强”了。但是，如果它们又经过土壤形成过程，不同的玄武岩母质经过生物的作用，形成某种气候地带性的土类，例如棕壤或砖红壤，则原来差异比较明显的母岩信息可能被“削弱”了。土壤的利用方式又参与着人类的活动，农林牧、作物种类、耕作制度、灌溉条件都有变化，原来玄武岩所传递的信息受到一层又一层的干扰，就可能面目全非，变得非常微弱而又复杂了。只有追踪自然历史的全过程，搞清楚每一个环节对玄武岩所传递的信息的增强或衰减的机理和作用，遥感信息及其应用，才能由经验升华到理论，由低级的复杂进步到高级的简单。这是80年代初中国科学院在云南腾冲航空遥感试验所探索的一项课题，也是最近5年提出的地学信息机理的研究内容之一。希望通过类似这样的信息机理的研究，克服目前知其然不知其所以然的蒙昧状态，才有可能由表及里，由此及彼，去伪存真，去粗取精，即掌握比较高级的简单的规律，去理解复杂的自然现象，使人类获得更多一点驾驭自然的能力。地学信息转输的研究，显而易见，不仅将对地球观测手段的进步具有先导的作用；同时对于伪装识别模拟、仿真也是很有实际意义的。

三、地球科学的巨系统

钱学森教授1987年在“关于地学的发展问题”一文中，阐明了地球科学在自然科学体系中的相关位置[3]，并指出地学应该把眼界扩大一点。他说，“按现在航天技术的发展，已经可以到太阳系各行星附近进行观察”，地球科学可以“吸取地球以外的东西把它扩大到行星科学。研究其他行星的问题供我们参考，特别是有一些行星与地球有些相像，还有行星的卫星，很多也与地球相像。火星和木星之间还有一大群小行星，那也可以研究。还有彗星、陨石都可以研究。把它归纳起来可以称为行星科学，目的是为了最后理解地球，把地球研究得更好”。这就指出了地学与天文学的结合部位。

另一方面，他又指出：“地理科学是自然科学和社会科学的汇合，而行星科学和地球科学则完全是自然科学”。“地理科学的特征时间尺度是10年、20年，而行星科学和地球科学的时间尺度是很长的。比一二十年长得多。……当然这样的分类也不是绝对的，这两个方面还是有很多交叉的关系”。这就指出了地球科学与社会科学的相互渗透的关系[3]。

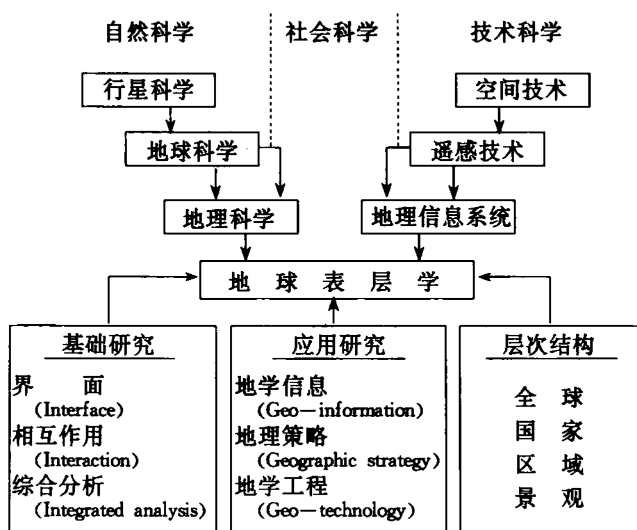
接着，钱学森教授又在《发展地理科学的建议》的报告中指出：“地球表层学”是“地理科学”的基础理论学科[4]。地球表层是一个巨系统，而且是一个非常复杂的系统。这个系统不是封闭的，与环境是有交换的。“指的是和人最直接有关系的那部分地球环境，具体地讲，上至同温层的底部，下到岩石圈的上部，指陆地往下5～6km，海洋往下约4km。地球表层对人的

影响，对社会的发展都有密切的关系，地球表层往外的部分和地球表层更深的部分是地球表层的环境”。整个巨系统又是由许多层次构成的，每个层次都有其功能的特点，很重要的特点就是，这样一个系统的功能不是组成该系统的部分系统所具有的，即由量变到质变。巨系统的层次结构，它不是固定不变的，随着外部环境的变化而发生变化。另一个特点是地球表层学需要用系统科学理论和方法来研究。例如，有些系统结构是有序的，通过耗散结构理论，用熵流的概念就可能解释结构形成和有序化的现象。也还有另一些现象是浑沌的，乍看起来好像是杂乱的、无序的、非决定性的。如果把时间和空间单元分得更细一些，它还是有序的、决定性的、可以预报的。大气和海洋流体力学中的湍流，自然灾害中的群发现象，都是地学方面浑沌现象的实例。

因而，地球表层所包括的非生物、生物和人可以看作是一个巨系统，而且是开放的、有序的巨系统。正如普利高津所说的远离平衡状态的耗散结构，它是活的、不是死的；是在发展、演化的，不是静止不变的。

多层结构是有序巨系统的又一特征。如果以人的活动为主，自然条件为辅来划分，地球表层共有四个结构层次，即生物群落和景观单元，地区、国家和世界[5]。地学工程和环境工程必须建立在地球表层学的理论基础上，深刻地认识巨系统的运动规律，找出人口、资源、环境与发展(PRED)的演化和优化的理论、方法依据，才能从宏观上有效地加以系统调控(如图)。

综上所述，地球科学的研究，既然依靠观测自然界的信息



地球科学体系示意图

流作为知识的窗口,地球表层就内部而言又是多层的空间结构;就外部而言,又是开放系统,需要多学科的汇合,是无庸疑议的了。地球科学研究的目的,则是实现对人类赖以生存的资源与环境的系统调控。那么,显而易见,逐项研究物质与能量循环的子系统是必不可少的,但是还不够,必须全面运用系统论、信息论和控制论的现代科学方法,综合利用空间技术、计算技术的最新成果。这又说明:地球科学研究在方法上也是非常复杂的,需要借助于技术科学。

例如目前比较经常引用的系统动力学模型,在地球科学研究中,具有比较广泛的适用性。因为它着眼于系统的整体最佳目标,不是单纯追求个别子系统的最佳目标,有助于实现人口、资源、环境与社会、经济各个子系统之间的协调,采用无量

纲的综合研究。同时，该模型仍采用的一阶微分方程组，带有延迟函数和表函数，又能引出投入、产出反馈回路的概念，比较直观、形象地处理某些比较复杂的非线性问题。通过人机对话方式与DYNAMO软件包的模型仿真、政策模拟和方案优选功能，可以成为决策者直接参预的辅助系统，开始受到城市规划部门的欢迎。在天津、岳阳、莱州和平泉等市、县，都取得了初步的经验。

但是实践证明，系统动力学模型还不能充分满足规划、决策和管理部门的需要。目前，它对系统结构的描述带有主观性，还缺乏全面的协调指标体系。我们的理解是这样：并不是所有的数学模型都能适用于地球科学。其根本原因就在于地球表层的系统要复杂得多，目前还不能全部用数学方程来表达，存在着浑沌现象。即使采用综合性能较高的系统动力学模型，也需要建立特定区域的指标体系（如分类、分级的定量标准等），需要空间（分布式）数据库的支撑。而且系统动力模型的建立，必须按照自然与社会历史演化的过程和规律，不能凭空臆造。具体地说，需要地球科学和技术科学的相互配合与渗透。

近15年来，为了加强区域资源开发与环境保护的系统调控与协调发展，不少国家积极发展地学信息系统，作为区域规划、管理与决策的现代化工具，也是地球科学研究中，实现区域性与综合性的有力保证之一。地学信息系统不仅具有可供存储、查询、探索的空间型数据库（一般按地理坐标），而且包括若干分析模型、知识库以至专家系统，并能实现信息的叠加、复合、动态显示与专题制图的功能，从而可以再现自然演

化与社会进步的历史过程，预测未来的发展趋势，用于作物估产、土地退化、灾害评估等等研究，已初见成效。加拿大、澳大利亚先后建成了全国范围的土地信息系统，欧洲共同体的计划和联合国的全球资源信息系统和全球环境信息系统(WEIS)也在推进之中。我国积极参预了全球科学数据库的活动，同时也着手建立若干全国性的、地区的和城市的地学信息系统，开发了若干专业分析模型和软件包，特别是运用于县市规划管理的微机地理信息系统，有了长足的进步，对国产长城、太极微机系列的应用，开拓了广泛的市场。对于地球科学研究的现代化，起了良好的普及和宣传作用[6]。

周光召院长预言[7]：资源与环境问题的矛盾，有可能在 90 年代基本上得到解决。我们的理解是：90 年代将是刻不容缓的关键的 10 年。我国地球科学家们面临着工矿业开发、城市化、土地退化、环境污染等盘根错节的复杂问题，应该在 10 年之内付出艰巨的努力，取得显著的宏观控制效益，不能把问题拖延下去，贻害子孙。而 21 世纪的前期，周光召教授又预言：将形成和发展以信息技术、生物技术为先导，材料科学为支柱的新的科学体系。地球科学需要急起直追，实现系统化、信息化，从目前的困惑与悲观情绪中摆脱出来。“山重水复疑无路，柳暗花明又一村”。钱学森教授读过《地理学的未来》这部充满疑虑和危机感的书，然而他没有成为其俘虏，却从系统科学、现代技术和辩证唯物主义和历史唯物主义哲学的高度高瞻远瞩，大声疾呼，鼓励地球科学向现代化迈进。

科学艺术是人类文明和智慧的最高境界，而地球则是科学艺术的舞台。芸芸众生，都是在这个母亲的怀抱里成长起来

的、壮大起来的。落叶归根，谁也不会讥笑母亲的苦难，谁都乐意为她的脱贫致富而竭忠尽智的吧！只有解放全人类，才能最终解放自己，也只有全面系统地理解了自己居住的地球，才会真正获得驾驭自然的更多的自由。

参考文献

〔1〕陈述彭，地图史，《中国大百科全书》，测绘学卷，p123～130，中国大百科全书出版社，1985年。
〔2〕顾功叙，地球科学要走向现场实验，《中国科学院院刊》，p333～335，1990年，4期，科学出版社。
〔3〕钱学森，关于地学的发展问题，《地理学报》，44(3)，1989年。(此文已收入本书——编者)
〔4〕钱学森，发展地理科学的建议，《大自然探索》，6(19)，1987年。(此文已收入本书——编者)
〔5〕钱学森，保护环境的工程技术——环境系统工程，《自然工程理论与实践》，1983年，4期。(此文已收入本书——编者)
〔6〕陈述彭，地理系统与地理信息系统，《地理学报》，46(1)，1991年。
〔7〕周光召，在中国科学院工作会议上的讲话，《中国科学报》，1991年1月7日。

我国社会主义建设的系统结构*

钱学森
涂元季 （国防科学技术工业委员会）

我国社会主义初级阶段的建设是史无前例的。十一届三中全会以后，我们总结了过去的经验教训，提出以经济建设为中心，坚持四项基本原则，坚持改革开放，即“一个中心，两个基本点”的方针。这一方针贯穿在整个社会主义初级阶段的建设之中，一百年不变。今年年初，邓小平同志在南巡谈话中，更发展了这一思想，是今天我们进行社会主义建设的重要理论。

但改革是一项极其复杂的系统工程，各个方面一定要协调进行。为了全面落实和贯彻执行小平同志的重要讲话，我们觉得应该将社会主义建设各个方面的工作，即社会主义建设的各个具体侧面加以系统化，建立我国社会主义建设的系统结构。那么，我国社会主义建设有哪些具体侧面呢？它们的具体内涵是什么？在中央

* 原载《人民论坛》1992年第10期。

的正式文件中，经常提到的，是两个文明的建设，即社会主义物质文明建设和社会主义精神文明精神。在全国人民代表大会和中国人民政治协商会议全国委员会的文件上，还常提到社会主义民主与法制建设。我们想在这篇文字中就此加以具体论述。

一、关于社会主义政治文明建设

关于这个问题，我们在文件中常常看到的提法是社会主义民主与法制建设。钱学森和孙凯飞、于景元曾经就此写过文章[1]，我们认为社会主义的民主与法制建设可以叫做社会主义的政治文明建设。这是一个非常重要的社会主义建设侧面①。因此，我们再次提出，应更确切地将这个方面的社会主义建设，叫做社会主义的政治文明建设。

现在我们认为，社会主义政治文明建设有三个部分：一是民主建设。这是非常重要的。我们党一贯坚持民主集中制，提倡走群众路线，征求群众意见，在群众的实践和意见基础上，制定国家的方针政策。这种走群众路线的民主建设，还有许多需要进一步完善和改进的地方。二是社会主义的体制建设。随着社会主义建设事业的发展，原来的政体结构就不适应了。当前党和国家正在讨论如何根据“政企分开”的原则，改变中央各部门设置，如何搞好中央和地方的分工，地方各级之间又如

① 王任重同志在1991年春的一次全国政协会议上还指出，社会主义民主和法制建设比社会主义的两个文明建设更居于统帅地位，是政治建设。

何调整结构等等，这都是属于体制建设的问题。三是社会主义的法制建设。这个方面已有许多论述，我们就不再多说了。

二、关于社会主义物质文明建设

从前我们理解物质文明建设，好像就是经济建设。当然，在今后很长一个时期，经济建设是物质文明建设中的一个非常重要的中心任务。全国各项工作都要以经济建设为中心，一切都要服从于这个中心！但是，除了经济建设之外，还有没有其他方面的物质文明建设呢？我们现在认为是有的，这就是人民体质建设。因为所有的工作都需要人去做，所以人民的体质是一个非常重要的方面。毛泽东同志早在1952年就为中华全国体育总会成立大会作了题词："发展体育运动，增强人民体质"。后来又有对卫生部的工作指示："讲究卫生，减少疾病，提高健康水平"。这都是讲要重视人民的体质。我们认为，这在我国的社会主义事业中，是很重要的。但这方面问题很多，有许多问题还没有得到解决。其实现代科学在如何提高人的体质方面，已经有了许多发展，不仅有治病的第一医学，还有防病、保健的第二医学，再造人体器官，解决人的部分器官失去功能的第三医学等等[2]。随着老年人口的增加，医疗卫生事业就显得更加重要了[3]。

在人民体质建设中，除医疗卫生事业外，控制人口增长的工作也非常重要。也还有人民的饮食问题，这方面，国家要逐步改进人民的食品营养结构[4]及发展我国的食品工业[5]。所以，我们认为，物质文明建设应该包括两个方面，即经济建设

和人民体质建设。

三、关于社会主义精神文明建设

钱学森和孙凯飞在另一篇文章中[6]，对此已作过阐述。精神文明建设包括思想建设和文化建设。从目前的情况看，思想建设还需加强，不久前江泽民同志在中央党校的讲话中也强调了这个问题。精神文明建设的另一个方面是文化建设。在同一篇文章中，曾把文化建设分为十四个方面：(1)教育事业；(2)科学技术事业；(3)文学艺术事业；(4)建筑园林事业；(5)新闻出版事业；(6)广播电视事业；(7)图书馆、博物馆、科技馆事业；(8)体育事业；(9)美食事业；(10)花鸟虫鱼事业；(11)旅游事业；(12)群众团体事业；(13)宗教事业；(14)文物收藏事业。

这里要稍加说明的是：饮食也是一种文化，在中国的历史传统中，饮食文化是有丰富内容的，随着对外开放的进一步发展，饮食文化应该引起我们更大的重视，所以我们提出将美食事业作为我国社会主义文化建设的一个部分。花鸟虫鱼事业也是中国固有的文化。但是人们常常只说花卉，比如中国有个花卉协会，它办了一份会刊《中国花卉报》，实际每一期除了介绍花卉以外，还介绍养鸟、养鱼、养虫，当然是讲的观赏鱼、观赏虫。所以我们认为，确切地说，应该是花鸟虫鱼事业。关于群众团体事业，不是指工、青、妇，那是党直接领导的团体，这里是指其他群众团体，如中国科学技术协会、中国音乐家协会、中国记者协会等；最后一项是宗教事业，宗教在我们国家恐怕

还要存在相当一段时间，做好宗教工作是很重要的，而宗教可以作为文化的一部分。

四、关于社会主义地理建设

地理是社会主义存在的环境，有关地理建设问题，有同志曾写文章专门论述这个问题[7]，这里不再细说了。我们要概略提出的是，地理建设是不是可以分为两个方面。一是环境保护和生态建设，这基本上指的是自然环境。对这个问题的重要性，我们要有新的认识。到了20世纪的今天，人类已经认识到，过去我们发展生产，不注意环境的保护，造成了严重的后果，这是十分错误的。不久前在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会尖锐地提出了这个问题，使大家的认识有很大提高。明确了我们在搞经济建设，发展生产的同时，要注意环境保护和生态建设问题。

地理建设的另一个侧面是基础设施的建设，这也是很重要的。因为人不仅要利用客观的自然环境，还要建设客观环境，只有这样，人们才能在世界上更好地生活和工作。例如通信建设，交通运输建设，这都是当前我国社会主义建设的薄弱环节，要大力加强，而且要发展新的技术手段，如高速公路、高速铁路以及高速的水上运输。民航不仅要发展长距离航线，而且要发展近距离的辅助航线。所以，我国基础设施建设的任务还是相当繁重的。

以上讲了四个领域，九个方面的社会主义建设，即社会主

义政治文明建设，包括民主建设、体制建设和法制建设；社会主义物质文明建设，包括经济建设和人民体质建设；社会主义精神文明建设，包括思想建设和文化建设；社会主义地理建设，包括环境保护和生态建设、基础设施建设。我国的社会主义建设事业，从总体上来说，是不是这样一种系统结构？当然，社会主义建设必须有中心，中心就是经济建设。而社会主义建设的各个方面又必须协调发展，才能获得高的效率。因为社会和社会存在的环境是一个非常复杂的巨系统，一定要用系统工程的方法，才能把各方面工作协调好。而要进行协调，首先必须清楚地认识到社会主义建设的各个具体侧面是什么，不要丢掉了任何一个方面。为此，我们曾经提出，设置专门从事这项工作的总体设计部，来规划、协调这四个领域，九个方面的工作。如果协调得好，我们社会主义建设的效率就可大大提高，建设的速度就可以更快一些。当然，以上所讲的仅是我们现阶段的认识，科学的理论必须与实际相结合，这是马克思主义的基本原理，我们应该通过不断地实践，总结出科学的理论，再用理论来指导我们的实践，然后再总结，进一步提高和完善理论，如此不断地推动我国社会主义建设事业的发展。有鉴于此，我们认为，提出和讨论我国社会主义建设的系统结构，是一个重要问题。

参 考 文 献

〔1〕钱学森、孙凯飞、于景元，社会主义文明的发展需要社会主义政治文明建设，《政治学研究》1989 年 5 期，1～10 页。

〔2〕钱学森，对人体科学研究的几点认识，《自然杂志》1991年1期，3～8页。
〔3〕方福德，未来医学面临的挑战和机遇，《科技导报》1992年1期。
〔4〕封志明、陈百明，中国未来人口的膳食营养水平，《中国科学院院刊》1992年1期。
〔5〕孙学元，食品工业结构与领域辨，《中国食品报》1992年3月23日。
〔6〕钱学森、孙凯飞，建立意识的社会形态的科学体系，《求是》1989年9期，2～9页。
〔7〕于景元、王寿云、汪成为，社会主义建设的系统理论和系统工程，《科技日报》1991年1月21、23日三版。(此文已收入本书——编者)

钱学森致浦汉昕同志信*

浦汉昕同志：

11月6日来信及大作一篇收到。《自然杂志》上您的文章已收入《新华文摘》1983年9月号。

您大概四十来岁，心里有点着急；但学问之道急也无用，弄得不好，搞成夹生饭，闹笑话："不学无术，游谈无根！"用系统科学的观点，如"耗散结构理论"去研究国民经济问题，国内国外也大有人在，他们是经济学家，而您不是，似可不必轻于涉猎。

我劝您集中力量搞地球表层学。地球表层学实际上就是中国科学院地学部绝大部分的综合上升而成的学科。不久前地学部的一些中青年科技人员开了个"天文、地理、地震、气象相互关系讨论会"不就是地球表层学吗？您去参加了吗？中国科学院自然科学史研究所宋正海同志讲"历史自然学"（《百科知识》1983年7月号，50页），不也是地球表层学吗？中国科学院编的《科学动态》第117期（1983年11月3日）讲的自然资源问题，不也是地球表层学吗？还有山西省农村发展研究中心编的《农村发展探索》1983年5期（总16期）上有岳峰同志的《医疗农业学》，不也是地球表层学吗？所以您要博览群书，然后理出个头绪来；不能

* 浦汉昕，中国科学院生态环境研究中心。

反其道而行之，坐而论道，空对空！

耗散结构理论是有局限性的，更完整的理论是系统科学，我所谓系统科学的基础科学、系统学（见中国科学院出版的《关肇直同志纪念会专辑》上我的发言）。您如有志于地球表层学，就应该对系统学下点功夫。这方面您可以找中国科学院系统科学研究所的许国志同志，也可以找北京师范大学物理系方福康教授。

以上供参考。

此致

敬礼！

钱学森

1983.11.23

浦汉昕同志：

12 月 5 日来信及文章都收到。

自从您写了那篇发表在《自然杂志》上的文章，大概有两年了吧！但从《论区域的系统研究》来看，进展不大，空话多，定量的东西少。您老师的文章也好像如此。这怎么行呵！要定量，用数学来决定问题。

现在我国进入一个新的大发展时期，说以中心城市管县，全国可能有几百个这样的小区域。再往上是什么？是现在的省、市、自治区吗？还是更大一点的区域？这么大的问题不定量分析怎么行！您信中说要组织起来，是对的，具体怎么办？请您提意见呀。为此附上乌家培同志准备在中国科学院研究生院和中国社会科学院研究生院联合开的会上用的文章，请参阅。

以前听说上海交通大学有位同志用“人口势”理论来划分区域，您知道这项工作吗？

总之，我们国家从几万个小集镇到几千个小城市，到几百个中心城市，到区域，怎么组织？这不是地理学吗？

此致

敬礼！

钱学森

1984.12.13

浦汉昕同志：

去年12月27日信及材料收到。读后一想，您在搞的实际是一项系统工程，系统优化工作。现在接近的有以下几方面：

(一)山西省农村发展研究中心(太原)在搞山西省的农业系统工程；联系人，张沁文。

(二)长沙国防科技大学七系在搞县级的农业系统工程；联系人，周曼殊。

(三)西安西北大学经济系胡传机在搞区域经济划分及区域经济学工作。

您何不同他们联系？

即此恭贺

春节！

钱学森

1985.1.7

浦汉昕同志：

去年12月13日及今年1月7日两封给您的信所谈的问题实际上是地理学数量化的问题，不数量化，地球表层学也建立不起来。这里我想提请您和您的同道们考虑创立数量地理学的设想。现在就有以下一些人：

浦汉昕；

陈传康，您的老师；

张维邦，山西大学黄土高原地理研究所，著《经济地理学导论》；

胡传机，西北大学经济系，搞数量经济学及经济区域规划；

汪康懋，上海交大管理学院决策科学系，搞人口场理论；

高建国及“张衡学社”的同志们，搞天文、地质、地震、气象等相互关系，高建国在中国科学院北京天文台；

……

您们何不互相联系一下？看看大家对数量地理学及地球表层学有什么想法？

可否？请酌。

此致

敬礼，并贺

春节！

钱学森

1985.2.14

浦汉昕同志：

2月24日信收到。

近接北京大学社会系江美球同志来信，说他们在搞“人类生态学”、“资源学”和“城市学”，并附来材料。现把材料转寄给您，因为这都可纳入“地球表层学”或“数量地理学”。

“数量地理学”这个名字也不坏，现在不是肯定了数量经济学了吗？它的前身是 Econometrics（经济计量学）。

我建议您和江美球同志这样的同道联合起来攻关，创立这门重要科学。

此致

敬礼！

钱学森

1985.3.29

浦汉昕同志：

3月24日信收读。

信中所引竺可桢副院长的话给我解决了疑难：地理学本来就是综合自然科学与社会科学的学问！我几次给您写的信也就有了依据。

您现在应该研究，如何组织“地球表层学”和“数量地理学”的力量，开展工作。

附上我的讲话稿，请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1985.4.1

浦汉昕同志：

昨寄两封我接到的信，供您参阅。昨晚读理论地理学教材《地理学的性质和体系》，深感正如您说的：地理学虽然是门古老的科学，但理论体系一直不完善。我认为问题可能在于：

（一）人们一直没能真正用马克思主义哲学的观点来分析问题，没有辩证唯物主义和历史唯物主义。这包括苏联的学者在内。

（二）人对地球表层的认识是发展得比较晚的，地球物理的大突破还是近几十年的事；在此之前，不可能有今天对地球表层动态的观点。

（三）从前人对改造地球表层的可能性不清楚，甚至没有察觉人类社会活动对地球表层的影响。因此是一种被动式的地理学观点，只说地理环境影响人，不考虑人反作用于地理环境。其实，展望21世纪，人可以改造地球表层。所以地球表层也和人的社会活动密切相互作用着！

（四）人的社会活动就不只是经济，也不只是生态，也不只是生态经济，是物质文明和精神文明，全部文化活动。

（五）这就是系统科学、系统学的观点，这在30年前也是不可能有的。

我想明白了这几条，争论就可能逐渐解决。还是要靠马克思列宁主义呵！请教。

此致

敬礼！

钱学森

1985.4.19

浦汉昕同志：

近见科学出版社出的《自然地理新论》，为牛文元所著，您知道这位作者吗？

他提出了“自然地理面”概念，很近于您的地球表层，只是上限低了些。他也引用定量分析。我看主要是自然地理学派忽视或不谈人的作用，这不行。我们要团结起来，自然科学和社会科学相结合！

如何？

此致

敬礼！

钱学森

1985.4.29

浦汉昕同志：

大作稿看过，作了些修改；仍由您署名，我可以机动些！改的地方主要有：

（一）题目简化了，文中本来就说明是我的想法，不必标明了。

（二）把地球表层学上升到综合地理学、地质学、气象学、资源学、生态经济学、地震学……的学科，一定会出现飞跃、"扬弃"，出现新的更深刻的认识。

（三）老的地学学科就居于地球表层学之下了；当然，上下层学科是相辅相成的。

（四）数量地理学只是地理学的现代化（数量化），是处于地球表层学之下的。

（五）我对系统科学的看法不同于目前流行的"三论"说，加以说明。

（六）用马克思主义哲学指导是有普遍意义的，所以放在最后，概括地球表层学和数量地理学。

修改稿奉还，请您再考虑，您负文责！

此致

敬礼！

钱学森

1985.5.27

浦汉昕同志：

很感谢您给我带来了《地理学报》1985 年 9 期，因为上面有中国科学院成都地理研究所陈国阶同志的文章《论地理学的现代化问题》，我读后很得益，并完全同意。文章也鼓舞我再进一步想想 10 月 17 日上午与您谈的青藏高原区问题，现在把想到的写在下面，请教：

（一）青藏高原主要是藏族地区，面积近 300 万平方公里，而每平方公里才一个多人口。很穷困，处于饥寒略好而未进入温饱。

（二）据《文物》杂志 1985 年 9 期 1 页西藏考古委员会文，早在 5 万年前藏族就在此创建旧石器时代的文明。而且与邻近文明不断有交往。所以在那个时代青藏高原地区和我国中原地区并无什么差别。但为什么这个地区藏族文明一直发展得这么慢？

（三）我想从历史唯物主义的观点，其理由只能是生产力因自然条件差而不能像中原地区那样快地提高。农牧业生产困难。

（四）但这是历史了。现代科学技术完全有能力克服青藏高原地区的自然条件限制。我从前就想过：用室内增压及富氧空气来加大室内空气的氧分压，解决高原生理条件问题。农业生产可以用塑料膜大棚等办法。

而工业、矿业生产是与自然条件相关不大的。青藏高原地区资源又很丰富！

（五）所以我国地理工作者应该同各有关方面专业同志共

同研究开发青藏高原问题。在21世纪，我们应该让这个地区的藏族人民大大发展，并和全国其他地区一样过着富裕的生活。这里可以有3亿人口，年总产值达万亿元以上！现代科学技术要征服这个中国国内的“南极洲”！

您看怎么样？

此致

敬礼！

钱学森

1985.10.21

不久前兰州举行的11省区“西部地区经济发展讨论会”，看来重点在“七五”计划时期，是讲战术问题的，不是以上讲的战略问题。(《经济日报》)1985年10月19日3版)

浦汉昕同志：

近从河北省科学院地理研究所收到《地理学与国土开发》1985年1、2、3、4期4册，看到了

(1)您关于讨论地球表层学与数量地理学的报道；

(2)您关于地球表层学与数量地理学的介绍；

(3)您所名誉所长黄秉维先生的介绍；

(4)陈传康副教授的文章和他广泛的兴趣。

这都是学习。它们使我结识现代中国的地理学工作者，真是富有朝气的一群人！

您关于“三峡省”的报告，为什么不可以在这个刊物上发表？由此我也想到一个科学问题：地理学里有没有“相似理

论"？即一个地区的地理自然条件同另一个地区的地理自然条件极相似，但社会经济发展很不一样，一个高，一个低。例如，"三峡省"和瑞士。那我们能不能得出结论：如果方针政策对头，差的那个地区一定可以赶上来，同高的那个地区一样？这对第三世界国家是非常重要的。

地理学里已经有了"相似理论"了吗？"相似理论"有没有道理？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1986.1.25

浦汉昕同志：

6月2日信及文件都收到。

6月11日的会因事去不了了，甚歉！

《地球科学年表》不能填我的有关地球表层学的东西。我的地球表层学是自然科学与社会科学汇合的地理科学中的一门基础学科，不属纯自然科学的地球科学。北京大学孙荣圭教授宣传的可称为"行星科学"，也是自然科学。您的所或中心研究的也是地理科学，不是地球科学。

概念一定要分清，决不能混淆！

所以您费心填的表不退了，留作纪念吧。

此致

敬礼！

钱学森

1987.6.9

浦汉昕同志：

7月10日信收到，张学文同志处我已复信，我对“熵与交叉科学研讨会”不能表示态度，也不去参加。

“地球表层学学术讨论会”的总结已由会务组送来，我看了也很失望！同志们另有倾向，都着眼于各自的小局面。此中内情，您比我还清楚。无可奈何！我因此去信给黄秉维同志，请他做做工作。不知后果如何？

此致

敬礼！

钱学森

1987.7.15

浦汉昕同志：

8月11日信悉。

地球表层学是地理科学的基础学科，所以得靠地理界的同志，不能另起炉灶。我认为中国科学院地理研究所是个推动地球表层学的据点，因为：

1. 该所同时又由国家计委领导；

2. 老所长黄秉维先生学识渊博，又对地球表层学有深刻

的见解。

所以请您向黄老师请教。我只能助威，不能上阵！

请考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1987.8.21

浦汉昕同志：

11月23日信及大作都收到。

我认为现在您工作的这个领域很混乱，什么生态学、生态经济学、数量地理学、区域规划理论……，还有天、地、生这一班人！其实我们必须分清作为人类社会活动环境的学问的地理科学和研究行星的地学(或行星学)。当然有交叉，如地震就是地理科学必须考虑的，但地学(行星学)是自然科学，地理科学就不能算是自然科学。地理科学也许要作为现代科学技术体系中又一个大部门，第十大部门。

地理科学必须用系统科学的方法，因为我认为地理系统是一种复杂巨系统，开放的复杂巨系统。这不同于激光器中那种简单巨系统；简单巨系统可以用协同学方法处理，而复杂巨系统不能用协同学方法。熵的概念对简单巨系统有用，对复杂巨系统就不够用了。

我们有个系统学讨论班，每月一次。下一次就在明天，再下一次在1988年12月27日，讨论开放复杂巨系统。您若愿

参加，请与航空航天部710所于景元同志联系。

此致

敬礼！

钱学森

1988.11.28

浦汉昕同志：

去年11月28日给您写过一封信，对“地理科学”界的现况提出我的看法。现在已时过近11个月了，情况出现了希望，地理界同志正在分片组织讨论地理科学问题。弄得好，可以在社会主义中国建立起这个学科的一个新时代，前途光明！我想您应投身加入这一活动，做一名先锋。

但当个地理科学的先锋开拓者要有理论指导。理论有两方面：最根本的是马克思列宁主义，或说马克思主义哲学；又一方面是要有对地理科学研究对象地球表层，有正确的概念。对前一方面，您要好好学习领会江泽民同志在国庆40周年的讲话，对此我不多说了。下面我要讲讲后一个方面，也是近来重读大作《熵与地球表层》后的一些想法，供您参考。

您这篇文章受国外“耗散结构理论”、“协同学”等思想的影响太深，跟着人家跑！其实一年来，我们在“系统学讨论班”上已经搞清楚：Prigogine和Haken能处理的只是开放的简单巨系统，不是开放的复杂巨系统；简单是说子系统的个数虽然几十亿、几百亿……，但种类不多，几种、十几种；复杂是说子系统不但数量“巨”，而且种类也繁，几百、几千……。用外国人

吹得那么高的理论来处理开放的复杂巨系统，不能不主观臆想地把巨系统的参数削减到几个，而实际要百个以上的参数，要几百上千个参数来描述复杂巨系统！而您的文章更是走向极端：熵和马克斯韦妖，能解决问题吗？

外国人的那一套，尽管获得了 Nobel 奖，不够用；而中国人，在“系统学讨论班”的中国人集体，倒是有办法的，通过解决社会经济问题，发明了原来叫“定性与定量相结合”的实用有效方法。后来看到国外有一个词，“meta-analysis”，有综合比较的内涵，但比我们的方法又差得远。所以我想把我们的创新叫“从定性到定量的综合集成”法，简称“综合集成”，英译“meta-synthesis”。这是研究开放的复杂巨系统的方法，也是现有的唯一方法。

地球表层学要用，也只能用“综合集成”。您应该学这个方法，当然，领会此中真谛也不容易。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1989.10.9

浦汉昕同志：

您托人带交的大作《地球表层的性质与地理研究》，一直走了两个月，前几天才收到！

地球表层学是尚待建立的地理科学的基础学科，要抓住

地球表层是开放的复杂巨系统这一概念，这是根本。有了这个概念，那自然看到只讲“熵”是不够的，太大而乎之了。英国 University of Reading 的 James E. Lovelock 十几年来一直在鼓吹 Gaia 的说法（见“Atmosphere Environment”Vol. 6 (1972) pp. 579～580；“Tellus”Vol. 26 (1974)，pp. 2～10；“Planet Space Science”Vol. 30(1982)，pp. 795～802)是把地球表层作为一个整体的、自我调节的“生命”。这比较形象，是“生命”了，当然是开放的复杂巨系统，但在具体问题上，Lovelock 仅仅解决了大气演化中地球生物的作用，只是地球表层学的一个章节，远远不够。但从这一情况可以想到文献中关于地球表层学的材料还是很多很多的，您应该下功夫，收集整理，逐步建立地球表层学。我看您这几年来，这项工作做得不好，以致大作稿中只讲了那么一点老话。我劝您下决心，用二三十年功夫把地球表层学搞起来。行不行？

至于地理科学的体系，您文稿 10 页上的表很不全——现在天天说的环境保护就未列入。但此事一个人干有困难，可以由地理学会组织大家讨论，在加深对地理科学的认识中，地理科学体系也就出来了。

此致

敬礼！

钱学森

1990.5.11

钱学森致汪康懋同志信*

汪康懋同志：

12月8日信及大作《中国人口场和中观经济》都收到。您在信中过谦；其实我也当不了您的导师，因为我现在想搞的事我自己并不在行，也在学习。

您说您的论文是人口系统工程的一件工作，我看只能说是与人口问题有关，而不是人口系统工程。一般公认的人口系统工程是根据社会主义建设的需要，对人口实施控制，对人口的结构实施控制，而主要手段是计划生育。

您的论文不是人口系统工程，我看似属在我国有人称为“国土经济学”的那门东西。对国土经济学我不懂，所以对您的论文不能评价；下面只讲些不确切的话，也许无参考价值。

（一）微观、中观和宏观的英文词是 micro-，mezzo-，mocro-，所以 medium-economic 似应为 mezzo-economic。

（二）国土经济学其实是一门老学科，国外也许称“国势学”，“经济地理学”，或“国防经济学”等等，著述甚多。您要研究这门学问，就应下功夫读前人和时贤写的书和论文，博览群书。然后用马克思、列宁主义的立场、观点和方法加以分析，去伪存真，去

* 汪康懋，上海交通大学12系教授。

粗取精，在脑子里形成对国土经济学的总看法，一个总结构。这时您要研究的“人口场”问题到底是什么也就清楚了，即为什么要研究人口场，对人口场要解决什么问题。这是第一步，您做了吗？

（三）我问这个问题，请您不要见怪，因为您的论文宗旨不明，没有向读者交待。这不是写科学论文的常规！文末说的 8 位教授都没有向您指出这个缺点吗？

（四）我们研究学问是为了解决有实际或现实意义的问题，而不是玩弄笔墨。所以解决问题的数学方法，虽然重要，毕竟是第二位的。而您似乎热衷于展出您学到的一点数学方法，这是喧宾夺主了。

（五）建议您把论文送国土经济学专家看看。

此致

敬礼！

钱学森

1983.12.26

论文退还，心想您可能还有别的用处。

汪康懋同志：

去年 6 月承来函并附大作《PDF 理论下的中国国力人口和中国人口质量场》，十分感谢。

我近来想结合国土规划、经济区域规划、城市规划等，似有必要创立用数学方法的“数量地理学”。数量地理学也就是您的上述工作的进一步展开，也是我称之为“地球表层学”（见《新华文摘》1983 年 9 期，214 页）的学问。您看这个想法可对？

有无必要？

又：您大作的油印本不知手头还有不？如有，请寄几份给我，我好分送宣传。

此致

敬礼！

钱学森

1985.2.14

钱学森致江美球同志信*

江美球同志：

3月20日来信及材料都收到。我很高兴您和您的同事们在研究人类生态学、资源学和城市学，并同时授课教学生。

我自己对这方面的看法还要更综合性一些，也就是我称之为“地球表层学”的学科（见《新华文摘》1983年9期214页），那把您讲的三门学问都包括进去了，而且是用系统科学的定量方法来分析研究的，沟通自然科学和社会科学。也可以换另一个名字，叫“数量地理学”。中国科学院地理研究所浦汉昕同志对此颇有兴趣。您和他联系过吗？何不联合起来攻关？

此致

敬礼！

钱学森

1985.3.27

江美球教授：

1月3日信、《城市学》目录、4本城市开发规划论文都收

* 江美球，北京大学社会系教授。

到了，十分感谢！

您要我为《城市学》写序，这使我为难：我是从来不会为别人的著述写序的，所以这次也不例外了吧。敬恳谅解！

我是把“城市学”作为一门地理科学中间层次的技术学科看待的，因为城市及城市体系的形成，地理因素非常重要，而这一点您们的书中似未能给以足够的重视。北京大学地理系朱德威教授对这类问题是关心的，您们有交往吗？

此致

敬礼！

钱学森

1988.1.11

钱学森致高建国同志信*

高建国同志：

4 月 24 日来信及笔记都收到。研究古城、研究古地理是为了从中吸取经验及教训，当然重要。

金立兆同志已于 4 月 24 日来谈过，我们都认为在地球表层学（或地理面学）、数量地理学的开拓性研究，因为要综合自然科学和社会科学，还要引用系统科学、行为科学，必须团结各方工作者才行。只有通才也不行；团结成为一个高功能的集体，就有了极高水平的“大通才”了。

社会上对专才和通才历来有争论，中国科协开了交叉学科的会。但争论也不会就此结束，只好不理会。您的笔记奉还。

此致

敬礼！

钱学森

1985. 5. 7

---

* 高建国，中国科学院北京天文台。

高建国同志：

2月6日寄来《1983—1985年天地生相互关系进展》已收读。

我只向您提出一个问题：现在国外对核冬天问题讨论甚多（见附上国防科工委情报研究所编写的材料），而这是一个天地生相互关系问题。所以

(1)应列入附件2的综述中；

(2)也似应作为全国第二届讨论会议题之一。

此致

敬礼！

钱学森

1986.2.19

高建国同志：

11月18日来信收读。

我想你们这些搞“天地生”的同志，因为为此奋斗了好几年了，心里就想“天地生”，一切以此为核心。这也是可以理解的。但我在11日讲的观点是承认“天地生”同志们的工作重要，要支持；另一方面又指出你们这样干只能出零金碎玉，不成大器。大器是地理科学的基础科学——“地球表层学”。

这里面有一个观念的转变，即从零散到整体，从局部到系统。所以我推举两本讲系统观点的书，希望你们花点功夫读一

下。不然我想你们没有发言权！

以上供参考。

此致

敬礼！

钱学森

1986.11.24

钱学森致黄秉维同志信*

黄秉维所长：

7月6日长信敬悉。它使我了解了地理科学的现状，非常感谢！您的建议很好，我将与中国科协的同志研究，有了看法再同您联系。

我让浦汉昕同志向您请示三峡问题的工作，请您定夺。我感到我们过去只把这个问题看作是水坝问题，太窄了；是地区开发问题。拟议中的三峡省，地理条件不比瑞士差，面积是瑞士的两倍，人口两倍半！为什么不能建成“中国的瑞士”？您以为如何？

此致

敬礼！

钱学森

1986.7.16

黄秉维教授：

5月21日信及材料都收到，十分感谢！您14日在地球表

---

* 黄秉维，中国科学院院士，中国科学院、国家计委地理研究所研究员。

层学讨论班上讲话，我因早有其他工作安排，所以没能去听，很抱歉！

26日的会我不去了。这是因为这样的会议很多，我去了一个就得去第二个、第三个、第四个……，那实在受不了了！请谅。

当然，对开这样的会我很赞成。因为地理科学的信息工作是非常重要的；5月12日北京大学地理系朱德威教授在系统学讨论班上讲“数量地理学”时，就说了目前风起云涌为城市及区域发展规划（亦称发展战略）工作，本来要三个方面的协同：

(1)地理科学家；

(2)系统工程工作者；

(3)地理信息工作者；

但朱说，在北京大学他们很困难，尤其缺地理信息。我当时就说，这件事在地理研究所有可能解决，因为国家计委也是领导地理研究所的。

但那天我还不知道你们已经有“资源与环境信息系统实验室”，有这个实验室再联系国家计委的经济信息中心，我看地理信息问题就打下基础了。但下一步还请考虑发展横向联合，例如报载国家测绘局测绘科学研究所还有一套利用人造地球卫星及高空飞机影像信息的设备及人员；中国科学院也有进口的利用 Landsat 卫星遥感信息的“中心”。全国可能还有其他，为什么不能联合起来组成“地理信息公司”？

再就是上述发展规划及发展战略工作实是“地理系统工程”，现在你也搞，他也搞，分散经营。有的我看不一定在行，力

量不足，如北京师范大学数学系汪培庄教授近日交给我一份福建省永安市的规划报告（附上），而汪教授的专长是模糊数学！所以我想您应该考虑利用地理研究所的比较强大的力量把散兵游勇组织起来，成为一支地理系统工程的劲旅。

有了上述的实际工作打底子，提炼升华为地球表层学就不会落空。

以上当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1987.5.24

黄秉维同志：

几天的国际会议开过后，您也很辛苦吧？谨向您问候！

附上北京大学地质系孙荣圭同志文章：《地球表层学与地质科学》，请参阅。我看要弄请什么是地球表层学，恐怕还要一段时间，我们只能说地球表层学的建立和研究也欢迎地质工作者来参加。

您以为如何？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1987.5.31

黄秉维同志：

附呈(1)北京天文台高建国同志给我的信；(2)我给您所葛全胜同志的信。我这样做是因为建立地理科学这一与自然科学和社会科学平起平坐的现代科学技术大部门是我国的一件大事，是我国社会主义建设的需要。但目前这一领域情况十分混乱，怎么办？所以写此信向您呼吁，请您搞地理科学的环境治理与秩序整顿。

如何？请酌，盼复。

此致

敬礼！

钱学森

1989.1.7

黄秉维同志：

奉上一篇讲地理系统的文章，您如有指教，可告国防科工委科技委王寿云同志。

我想既然地理科学是自然科学与社会科学的汇合，我国自然地理方面的专家要与我国经济地理方面的专家协同努力，才能建设中国的地理科学工作。您以为如何？

此致

敬礼！

钱学森

1991.9.28

钱学森致牛文元同志信*

牛文元同志：

4月19日信及大作《现代应用地理》都收到，十分感谢！

我认为理论地理学的现代化即地球表层学，地理科学的基础理论学科。这门学问素材很丰富，但组成一门新学问是不容易的。希望大家努力。

您的书与当前一项十分重要而又迫切的工作，城市、城市体系与区域的规划或发展战略研究有关，但并没有讲全做此工作的全部学问，全部学问可否称为“地理系统工程”？搞地理系统工程要三个方面的人互相配合才行：即

(1)地理专家，他们有经验和学识；

(2)系统科学及电子计算机专家，他们是定量方法的专家；

(3)信息、资料和数据部门，要靠他们提供素材。

当前的困难是三个方面往往凑不到一块，所以研究发展战略的工作做得不理想。这也会影响基础理论——地球表层学的建立，缺乏良好的实践基础。您在由中国科学院和国家计委共同领导的地理研究所，定能为解决这个难题作出贡

---

* 牛文元，中国科学院、国家计委地理研究所研究员。

献！

此致

敬礼！

钱学森

1987.5.13

牛文元同志：

9月17日信及尊作《理论地理学》都收到，十分感谢！

我们都要“换脑筋”！在我1987年10月在中国科学院地学部第二次学部委员大会上提出建立并发展地理科学的时候，我没有意识到地理界同志受几百年来旧观念、旧思想束缚太深，地理科学的新观念、新思想难于理解、接受。这是我的错误！当然，地理界的前辈，如黄秉维老所长是明白的，非常积极，热情支持！在1991年4月5～9日于北京开了次地理科学研讨会（见附上《中国地理学会会讯》1991年1期），会议还向邹家华副总理作了报告（见附件）。但困难在于大家对系统的概念认识不深，对地理环境是开放的复杂巨系统，其研究方法只能是从定性到定量的综合集成法，更是不理解。要“换脑筋”呵！

您的脑筋要不要换？恐怕也要换。您亲自创建了中国科学院地理研究所的“理论地理研究室”，也自然是位老同志了，您对什么叫“理论地理学”一定是有坚定的概念的。但从我的地理科学角度看，这一概念不对：《理论地理学》讲的不是地理科学的基础理论学科，也许书名应改为《地理科学中的若干理论

问题》。真正的基础地理科学理论学科是我说的“地球表层学”，是把地球表层作为开放的复杂巨系统来研究的。其中一些思想已见我 1983 年《环境保护》6 期文。对此，您以为如何？

请恕我直言！

此致

敬礼！

钱学森

1992.10.19

钱学森致景才瑞同志信*

景才瑞教授：

五·四来信及大作《唯物辩证法在自然地理学研究中的重要意义》都收到，十分感谢！

我认为地理科学是自然科学与社会科学相汇合的学术部门，而地球表层学是一门地理科学的基础理论学科。下面说到应用于社会主义建设，那有许多学问；体系如何排组？大家可以研究。

当前一项十分重要而迫切的工作是城市、城市体系与区域的规划或发展战略研究，这可以说是地理科学的一门应用性学问，是否可以称为“地理系统工程”？我想要做好这方面的工作，要三个方面的人互相配合才行：即

(1)地理专家，他们有经验和学识；

(2)系统科学及电子计算机专家，他们是定量方法的专家；

(3)信息、资料和数据部门，要靠他们提供素材。

当前的困难是三个方面往往凑不到一块，所以工作做得不理想。您看该怎么办？

---

* 景才瑞，华中师范大学地理系教授。

此致

敬礼！

钱学森

1987.5.13

景才瑞教授：

9月9日信及大作《李四光学术思想初探》都收到，十分感谢！

关于第一个问题，现在组织讨论“地理科学”的事由中国地理学会在办，所以我将把您的信转给他们，请他们回答。

第二个问题好像不是属于“地理科学”，是属于地学的。两者要分清：地学归自然科学这一现代科学技术大部门；而“地理科学”则是与自然科学平起平坐的又一现代科学技术大部门。我因年迈，一般不出京活动，所以不去参加李四光教授诞辰100周年纪念活动了。

此致

敬礼！

钱学森

1989.9.18

钱学森致葛全胜同志信*

葛全胜同志：

我虽不是 young geographer，但很高兴收到您们编的《地理新论》(3 卷 1 期)；因为我认为您们的思路同我很接近。

我以前曾把现代科学技术分为九大部门，每个大部门又分三层：基础科学、技术科学、应用技术，每个大部门又有一架哲学概括性质的，到马克思主义哲学(辩证唯物主义)的“桥梁”。具体讲是：

马克思主义哲学
- 自然辩证法——自然科学
- 历史唯物主义——社会科学
- 数学哲学(元数学)——数学科学
- 系统论——系统科学
- 认识论——思维科学
- 人天观——人体科学
- 美学——文艺理论
- 军事哲学——军事科学
- 社会论(?)——行为科学

* 葛全胜，中国科学院、国家计委地理研究所研究员。

现在我想，地理科学这门研究人类存在基础的学问应该作为现代科学技术的又一大部门，与先前九大部门并列为第十大部门。地理科学也有三层，也有其哲学概括为“桥梁”；这在附上1986年冬的一篇发言中都讲了。这个想法不知您以为如何？

这样，地理科学就从地学分出来，地学仍留在自然科学这个大部门中。当然地理科学和地学有许多联系；其实十大部门也决不是完全隔绝的，部门之间是有联系的，这《地理新论》3卷1期第一篇文章已讲清楚了。

我提出地理科学大部门也是为了解决目前的混乱，什么生态学、系统生态学、生态经济学……，还有数量地理学、区域规划理论……。黄秉维同志早就对此有意见。由于地理科学对社会主义建设的重要性，我们要早日结束这场混乱！

地理科学大部门的建立是会有人响应的，附上湖北省地理学会理事长景才瑞同志来信，就可见一斑。

以上所述不知是否有当，请教！

此致

敬礼！

钱学森

1988.12.5

附：《发展地理科学的建议》

景才瑞同志信及附件（略）

葛全胜同志：

元月 4 日信收到。

地理学的概念需要更新扩大为地理科学，它不是一门学科，而是现代科学技术中的一个大部门。如果说以马克思主义哲学为最高概括的十大部门，相互关联，是一个体系的话，那地理科学是一个局部体系，由几十门学科组成。这是事物的历史发展所造成的，不是哪一位的空想：请看在我国，60 年前大学还只有“史地系”！

我讲的现代科学技术体系，就是根据现实，打破老框框，面向 21 世纪而提出来的。请参阅附上中共中央党校吴义生教授编的书。您要解放思想呵！我前几年就说过，马克思主义、辩证唯物主义哲学不能背叛，但老经典著作说的可不见得字字是真理，不能死抱不放。这个精神可用五个字来形容：“离经不叛道”。您提的三个问题我相信您自己会回答的。

此致

敬礼！

钱学森

1989. 1. 9

钱学森致全石琳同志信*

全石琳教授：

您去年10月签赠的尊作《综合自然地理学导论》我前几天才收到，赶快写信也迟了，请原谅！我要向您表示感谢，提修改意见是说不上了，我实在没有研究过地理学。在下面我只是说些感想，向您请教：

（一）我近年一直认为，正如您说的，地理学是研究地理环境规律（性）的科学，但与地学不同。地学是自然科学的一大门学问，它要解决的是地球长期，亿万年，变化及将来的发展。而地理是今天的地理环境和这个环境与人的活动相互作用的学问，所以是自然科学与社会科学交织在一起的学问。据说竺可桢先生早就指出这一点。因此我主张把地理同地学分开，甚至树起与现代科学技术体系中自然科学这一大部门"平起平坐"的又一大部门地理科学。地理科学的时间尺度比较短，十年、几十年；不是地学的万年、百万年。

（二）在这样的地理科学中，人的作用非常重要，您书中的第八章专门讲这个问题，第七章也是人利用地理环境。但这方面还应深入发展，要吸收生态学的成果，也要考虑环境保护问

* 全石琳，河南大学地理系教授。

题等。

(三)我这几年说的地球表层学是作为地理科学的基础学科提出来的,所以不属地学(当然要用地学的研究成果)。地球表层学应该把地球表层包括人在内的发展规律讲清楚,以指导国家的建设。

(四)当然地理科学这一现代科学技术大部门也同其他大部门一样,除基础学科外,还有技术应用理论学科,如城市学等;也还有工程技术学科,如城市规划等。

(五)河南大学地理系能成为我国地理科学的教学和研究基地吗?

我以上说了些外行话,请批评指正!

此致

敬礼!

钱学森

1989.3.2

又:近见一本讲高技术发展对城市居民点的影响的书,"The Future of Urban Form—The Impact of New Technology"Edited by J. Brotchie, P. Newton, P. Hall& P. Hijkamp, Croom Helm, Nichols Publishing Co.; 1985.可一读。

全石琳教授:

我收到您赐的大作《综合自然地理学导论》后,一直在考虑您提出的问题。今年初中国科学技术协会书记处书记刘恕同志到职,对推动地理科学做了不少工作;现在中国地理学会已把地理科学概念作为一个学会要组织讨论的问题,正在分

片开会。您一定参加了吧?

我个人看法见附呈的两篇文字,请指教。总而言之,地理科学是研究我们社会活动的环境的,它是社会主义建设的基础。当然,我们的社会活动又反作用于地理环境。所以地理科学是自然科学与社会科学的汇合;您的书中第六章、第七章和第八章就如此。

地理环境又是开放的复杂巨系统,从前的科学方法不够用了,要用新发现的从定性到定量的综合集成法。所以是个新领域。

所以地理科学是大有可为的,也是社会主义建设的一个理论根据。当否,请指教。

此致

敬礼!

钱学森

1989.11.27

全石琳教授:

元月17日信及尊作都收到。今已元月25日,想此信已赶不上中国地理学会的讨论会了。

但也无妨,学术问题不争朝夕,是长期探索的任务。我看中国的地理科学工作如能在本世纪末有个基本统一认识,就很好了。在下个世纪总可以建立中国地理科学院了吧?

对地理科学体系结构,要您们这些行家来研究,我是外行。从我这个外行看,似有以下几点,请您考虑:

(一)地理界似分两大领域,自然地理和经济地理。自然地

理归中国科学院而经济地理的学会、研究会又归中国社会科学院。竺可桢先生早在50年代初就指出地理学要为社会主义建设服务，要汇合自然科学和社会科学。所以自然地理工作者和经济地理工作者必须团结合作，互相帮助，只有这样才能建立地理科学。

（二）地理系统是开放的复杂巨系统，它包括自然和人，以及人造的交通、能源、通信设施。地球表层学这门地理科学的基础学科就是研究地理系统的理论，要全面，不能偏到一个侧面。

（三）人在通过实践了解到客观世界的规律后，就要能动地利用了解到的客观规律去改造客观世界。对地理环境受人类活动而会恶化，人先是盲目的：水土流失、沙漠化、……产生了，才有人敲了警钟，但对此又有人悲观失望，如“罗马俱乐部”，这也不对，用科学技术，我们可以改造地理系统，使它更有利于人类社会的生存发展。这也可以是地理科学的总精神，即地理科学的哲学概括——地理哲学。

（四）地理哲学应属地理科学体系之首，在地球表层学之上，直接联系马克思主义哲学。

最后祝北京讨论会成功！

此致

敬礼！

钱学森

1991.1.25

奉上拙文两篇，请教。

全石琳教授：

2月25日信收悉。

我是不为他人著作写序言的，您信中的要求我满足不了，敬恳谅解！

地理科学的学术权威是有的，您说的“高校和研究机构中一部分学风正派、功底坚实、热心地理‘大科学’研究的科技人员”即是。而我是外行，不能负组织地理科学工作之重任。真正有效的办法就是团结合作，互补短长，共商大计。例如建立地理科学体系问题，不能从主观愿望出发，应从实际出发，先调查有哪些已提出名称的学科，有哪些学术组织(有的在中国科协，有的挂在中国社会科学院)，列出名称及内容，这些就是今天的地理科学。然后大家商议，如何排列为：

(1)地理哲学层次；

(2)基础地理科学的学科层次；

(3)技术科学层次的地理科学学科；

(4)应用层次的地理科学学科。

在此之上的当然是马克思主义哲学。这样，现在搞地理科学的人就能各就各位。千万不要勉强，强加于人。即便这样搞的地理科学体系有不合理处，慢慢在实践中改正。您以为如何？

此致

敬礼！

钱学森

1991.3.5

全石琳教授：

奉上有关地理哲学的复制件三篇，请参阅。

我想弄清地理哲学这门地理科学的哲学概括，既需要马克思主义哲学工作者的努力，也需要地理工作者积极参加。当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1991.5.22

钱学森致《灾害学》杂志信

《灾害学》编辑部：

我一直收到贵刊各期，十分感谢！

但在阅读中也发现：你们似乎把灾害学的研究对象限于自然灾害，不考虑人为的灾害。而人为灾害发生非常频繁，损失很大，不容忽视。不考虑人为灾害的灾害学是不全面的。请参阅《自然杂志》1987年6期范维澄讲火灾科学文，他说近年来我国每年因火灾受的损失即达8亿元。

有什么人为灾害？我想到的有：(1)各种爆炸事故；(2)火灾；(3)核工厂事故；(4)化工厂泄放毒物事故等。

当然《灾害学》有上述情况也有其原因：以前参加灾害学研究的同志大都来自地学领域，扩大也只是扩大到"天、地、生"，这就有其局限性。我认为，大家要从建立和发展对中国社会主义建设有重要意义的灾害学出发，开阔眼界，全面地看灾害学，不要忽视人为灾害。

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1989.10.23

钱学森致刘恕同志信*

刘恕书记：

近读《光明日报》记者张天来、张义德的《大漠风流》治沙造林绿化报道，很受教育及启发。现附上供您参阅。当然，您可能早就知道这些令人敬佩的治沙人和他们的英雄事迹。

我想我国大约十多亿亩沙漠及半沙漠中总有几亿亩是可以造林绿化的，可能有30万平方公里的大漠可以收回作林地田地。这是一项重要的“地理建设”。您在写的文章可否吸收这一思想？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1990.1.11

刘恕同志：

我参加了竺可桢诞辰一百周年纪念大会和读了《地理科学》纪念专辑(10卷1期，1990年)使我深受教育：

* 刘恕，中国科协书记处书记。

（一）地理科学的概念完全是竺可桢同志的，早在50年代他就把它明确了。从纪念文章看，现在我国地理工作者也是同意竺老的意见的。

（二）习仲勋同志代表党和国家充分肯定了地理科学对社会主义建设的重要性。

（三）竺老离开我们过早，而系统科学技术是在70年代才大大发展起来的，因此竺老不可能引用系统科学技术于地理科学。我们现在要完成这个任务，具体建立地理科学，从地理哲学到地球表层学，到众多的地理科学技术性学科，到应用技术如地理系统和地理系统工程。

（四）关于长江三峡工程的争议就要用地理系统工程来科学地解决。因此它不只是"高峡出平湖"，还有"三峡省"问题，上游水资源、林业及下游洪水防治问题，以及航运问题。

以上请酌。

对那些有异议的中青年能不能用竺可桢这一代宗师来教育他们？

此致

敬礼！

钱学森

1990.3.15

刘恕同志、田裕钊同志：

两位寄来的贺年片早已收到，本应致谢，而我至今才写这封信，很对不起！请谅。

在这封信里我想谈谈地理建设，特别是我国社会主义地理建设。附上拙作两篇请教。

我认为社会主义地理建设是社会主义文明建设（包括社会主义物质文明建设、社会主义精神文明建设和社会主义政治文明建设三个部分）的环境基础，建设周期比较长，容易忽视。但老院长竺可桢先生是早就看到这一点，所以在50年代就提议并创立了中国科学院的综合考察工作。当然在50年代系统科学尚未出现，竺老不可能用系统科学的观点来组织地理工作。我们现在提出地理科学这一现代科学技术大部门，提出地理系统和地理建设，只不过步竺老之后，走出必然要走的一步而已。

其实地理建设的工作是早已在做的，综合考察委员会的工作就是。附上四川杨超同志报告复制件，说的也是地理建设。近见《经济参考》报4月5日2版讲山东省东营市市长李殿魁建议将黄河三角洲建成华北淡水资源基地，也是地理建设。其他各式各样的区域开发规划也是地理建设工作。但提出地理建设这个概念还是必要的，它使我们的认识更系统、更全面。具体搞地理建设就当然要用系统工程，特别是从定性到定量的综合集成法，是地理系统工程了。

这样，国家计委和中国科学院的综合考察委员会工作也是地理系统工程工作的必不可少的一部分。

地理建设要有长远观点，要看到一百年、二百年、五百年！这样，李殿魁市长恐怕就不够高瞻远瞩，只看到五十年吧。更长远的看法是仿荷兰建堤封闭 Zuider Zee，把庙岛群岛联成长堤，挡住海水，开发“渤海”为陆地，造地约十万平方公里。

在中国共产党领导下，英雄的中华儿女一定要搞社会主义地理建设！

以上当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1990.4.1

附文三篇（略）

刘恕同志：

奉上有关地理哲学的复制件三篇，供您和田裕钊同志参阅。

我想要弄清地理哲学，即地理科学的哲学概括，既需要马克思主义哲学工作者的努力，也需要地理工作者积极参加。当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1991.5.22

刘恕同志：

非常感谢您8月10日信，寄来全国治沙工作会议的文件，我身体还能适应盛夏天气，请释念！

这次全国治沙工作会议的确开得好，从中央到地方的各级领导都很重视。这也是您多年努力的结果！

但我看这只是个小小的开端。从全国讲，沙漠化将会得到治理，会有所减少，但仍然是"沙进人退"！什么时候真的"人进沙退"？

而且我们要根据实际条件，搞清最后不能绿化的沙漠戈壁有多少？文件中未见数字。这不能绿化的沙漠戈壁才是真正的沙产业基地。沙产业比治沙防沙要难得多。

从另外一个角度看，治沙工作是一项社会主义地理建设。再看今年由于抗洪救灾，国家对水利建设重视了，这也是社会主义地理建设。所以我们要抓住时机，为地理科学的建立，对树立起社会主义地理建设的概念，再努一把力。这也是百年大计！

文件奉退。

此致

敬礼！并向田裕钊同志问安！

钱学森

1991.8.16

刘恕同志：

我非常感谢您送来了《沙产业专辑》，读后得益良多；尤其像您和田裕钊同志等长期在同沙漠戈壁打交道后总结经验所谈的，更是比我高明得多！

您讲的苏联（现已不存在了！）中亚卡拉库姆大运河的教

训，它使我想到沙产业还有个地理建设的大问题：治沙、改造沙漠戈壁有个能干什么不能干什么的课题，要尊重地理学规律。这个宏观理论在沙产业比在农产业、林产业、草产业和海产业要突出得多——一方面人有改造沙漠美好设想的诱惑，一方面又有地理（气象、水文、土质等）自然规律的限制。这不是地理科学的研究课题吗？

对此如何入手？我想也许可以从地理历史学开始，过去不是沙化的地区，采取人为措施大概是可以治理的；而几百年前就是沙漠戈壁，对它只能就实际情况开发沙产业，不要轻举妄动！

还有一点：沙产业属第六次产业革命，是 21 世纪中叶才能开花结果的，那时还要用生物技术这一现在刚露头的技术革命。对沙产业我们现在只是做初步探索工作，包括：

（1）从地理科学明确治沙的范围；

（2）通过试点，树立沙区植物、动物繁殖加工事业；

（3）引入生物技术，做些试验。

以上当否？请您和田裕钊同志指教！这也是沙产业研究会要讨论的第一批问题。

向您和田裕钊同志拜个早年！

此致

敬礼！

钱学森

1991.12.21

此信复制送瞿宁淑同志。

钱学森致田裕钊同志信*

田裕钊副主任：

刘恕同志和我一直在宣传地理科学的事，您大概是知道的，我想您会支持这个观点。

近读您委张有实副主任在《自然杂志》(1990 年 10 期)《河欢》一文，深受教益。又见《人民日报》1990 年 11 月 1 日 1 版有建设青海格尔木开发试验区的报道。因此我想地理科学领域有件大事要办：规划设计在下个世纪把青藏高原地区(包括青海省、西藏自治区、四川甘孜藏族自治州、四川阿坝藏族自治州及甘肃甘南藏族自治州)建设成为社会主义的 21 世纪的、世界最先进的“高原乐土”。此地区总面积有大约 230 万平方公里，比黄河流域的 79.4 万平方公里大得多。社会主义中国不该办这样一件事以示全世界人民我们社会制度的优越性吗？而且这也将彻底解决民族问题。

这当然要用现代科学技术的成果，包括高技术、新技术，眼光要看得远些，看到 2049 年以至 21 世纪末。我想对此您委是有基础的，多年来对青藏高原做了大量考察，掌握丰富的调查数据资料。办这件事也许还要同地理研究所协同；可能也要

* 田裕钊，中国科学院、国家计委自然资源综合考察委员会副主任。

找中国地理学会(如该会秘书长瞿宁淑同志)。这些就请您考虑了。

以上当否?请教。

此致

敬礼!

钱学森

1990.11.5

田裕钊同志:

近读张立成、章申、董文江、王立军著《长江河源区水环境地球化学》(中国环境科学出版社1992年出版),其中称长江源头约14万平方公里为“世界第三极”,每平方公里才有人口0.2人。这种称呼是对的吗?“世界第三极”在中国,这是件大事!而且青藏公路和将来的青藏铁路都通过这一地区,是中国地理建设之可以傲世界的了。

请教。

此致

敬礼!

钱学森

1992.10.29

钱学森致陈德敏同志信*

陈德敏教授：

12 月 25 日信及关于资源综合作用法的报告要点、两个背景材料都收到，十分感谢！

这些文件我将好好学习，目前我还提不出什么意见，只感到问题十分复杂，与环境保护、经济建设都关系密切。社会主义中国当然一方面要资源永续，另一方面要创造越来越适于人民生活、工作的环境；但又与科学技术和经济发展的阶段有关。立法必须看到这个现实。

将来我如有具体意见，一定向您报告。雷副校长处我不去信了。我健康状况还可以，请释念！

此致

敬礼，并恭贺新年！

钱学森

1990. 12. 29

---

* 陈德敏，重庆大学资源经济与法律理论研究室教授。

陈德敏教授：

去年12月来件，两次评审及研讨会的情况汇报，以及课题组的全部文件共7件都收到，十分感谢！

我未参加过立法工作，所以对您的工作，我不在行，现在也提不出超出我1990年年底信中说的那些话。现在我只能说，资源综合利用似属我说的国家“地理建设”，此意见附上拙文。您以为如何？

此致

敬礼！　我也谢谢您对我受奖的祝贺！

钱学森

1992.1.14

钱学森致王铮同志信*

王铮同志：

元月14日信及《理论地理学进展》两册都收到，十分感谢！

我不是地理科学的专业工作者，配不上当您的老师！您的老师是黄秉维先生、张丕远先生。关于您提的两个问题，只说点看法供参考：

（一）"地缘政治学"、"地缘经济学"从词义上看都不够全面。实际上是一个国家为了完成它的任务，所要研究的世界系统工程，也就是战略决策。这世界系统工程涉及的远超出地理科学，还有自然科学、社会科学、军事科学，有科技、政治、经济及军事等。从前用"地缘政治学"一词是不妥当的，请您不要赶时髦，跟着洋人跑。

也请注意：国与国不同，特别是社会主义与资本主义不同。通过世界系统工程制订的国家战略是有国家特色的。

（二）什么是地理科学的突破口？您说是"地理工程"。我说为了强调社会主义建设必须协调发展进行，实是社会主义物质文明建设、社会主义精神文明建设、社会主义政治文明建设

* 王铮，原中国科学院、国家计委地理研究所博士后。

及社会主义地理建设必须协调进行。见附上于景元、王寿云、汪成为的文章。地理建设靠地理系统工程,而地理系统是开放的复杂巨系统(见附文)。

此致

敬礼!

钱学森

1991.2.2

王铮同志:

元月30日信及尊著复制材料今日见到。谨作复如下:

(一)看了材料之后,认为这部书是我国地理学家们比较习惯的认识,还不是我宣传的地理科学。我认为地理科学是一个大学科部门,包括基础学科、技术理论学科及应用学科等三个层次;还有到马克思主义哲学这一人类知识最高概括的桥梁——地理哲学。地理科学的研究对象是人类社会活动的环境,包括自然的和人改造自然的种种设施(其中有交通、通讯、供水供电等)。

(二)“地球表层学”是地理科学的基础学科,它要用开放的复杂巨系统理论才能建立起来,任务十分艰巨。

(三)所以您这部书一共十章还不是“地球表层学”,原来的书名可能更合适,不要改了,还是理论地理学。

(四)至于《青年地理学家》要不要变动?因我对此情况不清楚,不能说什么。

我能讲的只是这些，祝您
春节快乐！

钱学森

1992. 2. 2

钱学森致瞿宁淑同志信*

瞿宁淑秘书长：

2月4日信及《西南片第二届地理科学体系研讨会纪要》均收到，十分感谢！

附呈重庆大学陈德敏教授信及附件，以及我年前给他的信，供参阅。资源综合利用立法问题，其实也属地理科学，也是社会主义地理建设。请考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1991.2.20

瞿宁淑秘书长：

奉上有关地理哲学的复制件三篇，请参阅。

我想要弄清地理哲学，既需要马克思主义哲学工作者的努力，也需要地理工作者积极参加，不然就有理论脱离实际的危险。当否？请教。

---

* 瞿宁淑，中国科学院、国家计委地理研究所研究员，原中国地理学会秘书长。

此致

敬礼！

钱学森

1991.5.22

瞿宁淑秘书长：

前次送上三篇讲地理哲学的文章，想已见到。现再附呈一篇短文，主要是文题有意义：人与环境是相互作用的辩证关系，所以应该用辩证唯物主义的观点。

现在我们中国的环境在变，也在影响我们中国人，是向好还是向坏的方面发展？要研究！

以上请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1991.5.29

瞿宁淑秘书长：

6月7日信及文件都收到。

对上送《建议书》我提以下意见供考虑：

（一）在稿4页似宜加上：要总结我国和世界在地理建设中的历史经验及教训。

（二）在稿5页，对地方地理研究机构宜以地理区域划分

设置，不宜以省、自治区划分，以免影响应有的协作。

当否？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1991.6.11

瞿宁淑同志：

奉上一篇关于地理哲学的文章，供参阅。要建立并发展地理科学，就要研究地理哲学，马克思主义的地理哲学。

此致

敬礼！

钱学森

1992.1.3

瞿宁淑同志：

我近读前苏联 B.Б.Сочава 著《地理系统学说导论》(李世玢译，商务印书馆 1991 年出版)有以下几点看法，提出来向您请教：

(一)她在 60 年代就提出地理系统的概念，很早就引用了 von Bertlalanffy 的理论，比我们领先了。

(二)但她似又受自然地理和生态学的影响过深，在她的地理科学中未能包括全部人文地理、经济地理。

(三)所以她的“地理科学”和“地理系统”还不是我们说的研究地理科学、地理系统的任务:人类社会存在和活动的客观环境的研究。

(四)她也没有讨论如何从定性论述走向定量论述的方法,未能贯彻系统学的科学理论。

所以 Сочава 的工作我们应该参考,但我们要更彻底,真正全面地认识地理系统(包括人为设施的人类社会生存和活动的环境),建立地理科学,为社会主义地理建设服务。

以上这些,是我这个地理学外行今天才知道的,也可能您早就清楚了的!

再过几天就是 1992 年春节和立春了,“百年难遇岁朝春”呵,谨向您恭贺。

节日快乐!

钱学森

1992.1.30

瞿宁淑同志:

2 月 12 日信早收到,承告索恰瓦情况,甚感!

我国社会主义建设的一大问题是对社会主义地理建设的概念不明确,没有地理系统的思想。

现在全国上下对长江三峡工程讨论得很热烈,而这个问题之所以有这么多看法,实际是由于它不只是一个水利问题,是我国长江流域的地理建设问题。因此中国地理学会能否以社会主义地理建设的观点组织全面的探讨?请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1992.3.25

瞿宁淑同志：

“五一”节来信敬悉。

我很高兴您们将于今年11月召开“社会主义地理建设学术讨论会”，谨祝会议成功！社会主义地理建设的思想要加以宣传，使之深入人心。对三峡工程的许多议论是因为没有地理建设的概念，只说你三峡工程还有个什么问题没解决，就怀疑是否要实施。而其实三峡工程只是长江流域地理建设中必不可少的一个项目；而长江流域地理建设又只是中国地理建设中必不可少的一个项目。没有全局观念是要犯错误的。

再有上海市要开发浦东，当然正确。但上海海港有局限性，怎么解决？用金山湾吗？用北仑港吗？甚至用舟山群岛吗？这就是整个长江下游地区的社会主义地理建设问题，现在再不研究不行了。

所以要宣传社会主义地理建设。也因此我同意出文集，但不宜只收我一个人的文章；这几年大家议论也不少，综合各家言不更好吗？请酌。

此致

敬礼！

钱学森

1992.5.7

瞿宁淑同志：

近知地质矿产部宋瑞祥副部长建议把我国经济区域作为“板块”考虑，共十个：

1. 经济特区(不连接)；
2. 珠江三角洲(即国家最近明确的广东省)；
3. 长江三角洲；
4. 闽南三角洲(福州、泉州、石狮、厦门)；
5. 环渤海经济带；
6. 长江黄金水道经济发展区；
7. 黄河经济协作带(连云港、河南、山西、陕西、兰州)；
8. 新疆、内蒙古、黑龙江沿边区；
9. 广西、云南及西南；
10. 青藏高原。

这个概念在地理科学是十分重要的，不知以前是否有人提出过？现在是否还要进一步加以研究？

请考虑。

此致

敬礼！

钱学森

1992.6.23

又：那本文集应以竺可桢院长的有关论述作为开篇。

瞿宁淑同志：

附上《空间资源的开发与利用》的复制件，供参阅。这是把社会主义地理建设的范围又大为扩大了，所以应该重视。

前说出文集的事有进展吗？

此致

敬礼！

钱学森

1992.9.21

瞿宁淑同志：

10月3日信收到。我们都在为建立马克思列宁主义毛泽东思想的地理科学和中国社会主义地理建设而努力，是同道人，您务必这样看待我。

（一）第一个问题："板块论"。我同意您的意见。问题出在把地理科学纳入地学，所以把地学中正确的板块论硬套到地理科学。

（二）第二个问题：地区经济的形成及解散有地理环境的因素，但更重要的是政治因素。以前苏联是一个整体，而现在分解了，将分属几个经济地区。现在一个热门是正在兴起的东北亚地区经济，包括俄远东地区、蒙古、我国东北地区、朝鲜与韩国、日本，我们的延边自治州和韩国最积极。这也可以说是环日本海（或称东北亚海）的经济区。地理科学工作者要抓这个问题，其重要性将不亚于东南亚经济区。

(三)第三个问题,三峡省。我认为应尽早成立三峡省,并下决心调得力干部去领导。这里也有个"换脑筋"的问题,不要老抱住移民和航运问题;想得远一点,把三峡省建成"东方的瑞士"!瑞士是以旅游起家的。三峡省也可以用旅游开步建省。人口中10%搞农、果、林,人口中20%搞旅游,人口中30%搞交通道路通信建设。其余搞工业,搞其他第三产业。先建省,然后讨论20年规划,三峡省与大坝电站建设同步。

(四)第四个问题,出文集。涂元季同志向我讲了您两位对此的分工。我看涂的任务好办,而您的任务重些。您的这部分包括开篇,即竺老院长的著述;这部分的最后一篇可能是卢嘉瑞的文章。要费您心了。书的序最好请黄秉维老所长写,是他的支持才促使地理科学搞起来的,功不可没呵!

就写这四个问题,请酌。

请代我问吴传钧教授好!

此致

敬礼!

钱学森

1992.10.8

瞿宁淑同志:

我近读由 Д. Л. Арманд 著,李世玢译,陈传康、潘树荣校的《景观科学》,商务印书馆1992年出版。感到俄文 Ландшафте 来自德文 Landschaft,即英文 landscape,故译为"景观"。但从书内容看,实即"地球表层",也即我们说的"地理系统",包括

自然地理、人文地理。书中也有 геосистема,实是“地球系统”,反而译为“地理系统”。这是外国人制造的混乱!

但不说名词,说说 Арманд 书的内容,此人由于没有开放的复杂巨系统的概念,所以一直努力在“分析”“解剖”上用功夫,实际是支解整体系统。书的副称为“理论基础和逻辑数理方法”,可见其认识上的错误! 我希望我国地理界不要受其影响,但看来难。

坏事说过说好事,1993 年即将来临,我谨向您和吴传钧同志恭贺新年! 祝

万事如意!

钱学森

1992.12.18

瞿宁淑同志:

元月 20 日信收到。

读您信后,学到世界地理界在 20 世纪的情况。看来“老大哥”的地理界犯了形式主义机械唯物论的错误,其实也就是脱离客观实际的唯心主义。这就更使人见到竺可桢老院长的伟大! 我们要继承竺老的遗愿,建立起辩证唯物主义的地理科学。

这里关键是地理哲学。

地理哲学是讲人与环境的,所以当代世界一大课题:环境保护,其讨论研究能为地理哲学提供素材。去年在巴西里约热内卢的联合国环境与发展大会的文件很值得看看。其中有不

少是讲地理哲学的。您何不找来看看？（杂志有《世界环境》季刊）

此致

敬礼！

钱学森

1993.1.28

瞿宁淑同志：

我近得徐学军著《珍惜自己的星球》二册，现奉上其中一册，供参阅。我看这也是地理哲学的资料，您以为如何？

请代我问吴传钧教授好！

此致

敬礼！

钱学森

1993.3.17

瞿宁淑同志：

又一时间未通信了，我向您和吴传钧教授问安！

近一个时期一直在思考李鹏总理在八届人大一次会议上的政府工作报告。我感到我们国家现在发展这么快，对长远问题也不能放下不管，那是要误事的，将来措手不及可不得了。这方面有个大问题，就是中国西半部的铁路交通建设，开发西半部中国不先建设铁路交通怎么行！

何谓中国西半部？从地图看，兰州是中国的中心；从兰州南北划线，在线以东的中国是中国东半部——这是中国的发达地区，在线以西的中国是中国西半部——这是中国待开发地区。在西半部，铁路只有兰新线和兰州到格尔木线，这怎么够用！所以我建议中国地理学会组织一次学术会议专门讨论中国西半部的铁路交通建设问题。

中国西半部包括新疆、青海、西藏和甘肃、四川、云南的一部分。三个“口岸”，兰州、成都、昆明。

在1991年12月中国地理学会的兰州会议（“地理科学建设与西北开发研讨会”）就已涉及此方面的问题。李吉均同志提出：“有必要修建一条穿过青藏高原和蒙古高原，南通印度北接蒙古、苏联的大铁路。这条铁路大体在万里长城的最西端——嘉峪关与兰新线接轨，形成中国西部的铁路大十字。”这就是这方面的宏伟建议。

这个中国西半部铁路交通计划应在2000年完成，用50年建成实现；到2050年中国西半部要像中国东半部那样繁荣发达。

此议当否？请指教。

此致

敬礼！

钱学森

1993.3.28

瞿宁淑同志：

4月11日信及6月会议通知都收到。

开会进一步研究推动地理科学当然是好事。我现在想，地理科学的目的是为了社会主义地理建设，建设一个为社会主义发展和前进的地理环境。这是要有长远打算的，决不能急功近利，是基础设施建设嘛。现在为什么搞铁路建设大会战，急如星火？10年前没有这样的认识嘛！解决这种问题，要靠地理科学。

这一看法，我提请中国地理学家们考虑。

请代我向吴传钧教授问安！

此致

敬礼！

钱学森

1993.4.14

瞿宁淑同志：

您好！我近日来想到一个关系到中国地理建设的问题，谨向您报告如下。

（一）对中国社会主义物质文明建设，我们定了三步棋的总体要求，一直到21世纪中叶。我们能这样是因为有世界发达国家作借鉴。

（二）但对中国社会主义地理建设就得靠我们自己了，因此我们要研究我国长远的地理环境该是什么样的，然后才能分几步棋去达到。

(三)我国理想的地理环境应由我国,主要是地理工作者,自己定。例如,可以提出以下几条:

(1)森林覆盖率达50%;

(2)水土保持完好,无山崩、无泥石流;

(3)水资源充分合理利用,防洪、防涝、防旱,南水北调;

(4)叫黄河清;

(5)中国西半部(以兰州、成都、昆明南北划线)要与中国东半部平衡,大力发展交通;

(6)地震预报;

(7)充分利用能源,清除废气、废液、废渣;发展水电、核电、风电;

(8)改造农林业,实现农、林、草、海、沙五种以阳光为能源通过生物生产的产业;

(9)气象预报及人工造雨等;

(10)建立信息网络(包括电子计算机站);

(11)居住地园林化,建“山水城市”;……等。以上设想有没有道理?请教。

我向吴传钧教授问安!

此致

敬礼!

钱学森

1993.7.4

瞿宁淑同志：

7月22日信收到。

关于要中国科协书记高潮同志批示给开会经费一事，我感到不宜由我这个退职人员去办，所以转给现任中国科协主席朱光亚同志，请他酌办。

对我在今年3月28日及7月4日的两封信，我当然同意您的意见，您是主编人嘛，而且也是受信人。

对中国地理环境该有什么样的目标，我7月4日信中只能抛砖引玉，一定不全，还可能不正确。您提出了另外4条，很好。将来都要经过仔细研讨来定。

此致

敬礼！

钱学森

1993.7.25

瞿宁淑同志：

您9月10日赠我的《长江流域山地开发与灾害防治》已收到，十分感谢！

此书是山地专家们的精心著述，是将来研究地区地理建设中非常重要的初始资料。我一定好好保存并学习。

我向吴传钧教授问安！

此致

敬礼！

钱学森

1993.9.22

瞿宁淑同志：

您在双节前写的信，今日见到。我们节日过得很好，想您和传钧教授也过了一个好节吧。

今年年景很好，只是北京市春、夏、秋三季都旱，农田灌溉要好好节水才行。

我近来注意看《中国科学报》二版上的关于地区规划研究课题的报道，深感问题复杂，涉及自然地理、经济地理、人文地理、农业建设、工业建设、交通建设、通讯建设以及水利工程、水土保持等等。所以实际是开放复杂巨系统，是地理建设系统工程。可惜专家们还没有用从定性到定量综合集成技术，结论恐有不够全面妥当。这就难以实施了。

宣传地理建设系统工程看来是当务之急了。您以为如何！

此致

敬礼！

钱学森

1993.10.8

瞿宁淑同志：

最近我还在想社会主义地理建设的问题。

社会主义地理建设既然是社会主义建设的一个组成部分，它就必然与社会主义建设的其他部分有密切关系：与社会主义物质文明建设（包括经济建设和人民体质建设）和社会主义精神文明建设（包括文化建设和思想建设）有关，而且还与

社会主义政治文明建设有关。

我们说要重视我国西半部的开发与建设就是政治问题：少数民族的问题。现在我又想：不但是团结我国少数民族共建社会主义中国的问题，而且我国西半部的少数民族又与亚洲西部、亚洲东南部国家有民族、语言、文化的密切关系。所以中国西半部的社会主义建设搞好了，就为这些国家树立了楷模，必然加强了社会主义、共产主义的精神力量。共产主义的世界大同会由亚洲开始！

地理建设的意义大得很！当否？请教。

此致

敬礼！

钱学森

1993.10.19

钱学森致刘宗超同志信*

刘宗超同志：

7月2日信及大作两篇都收到，十分感谢！

我发现我们之间对地球表层学的认识有差别，也可以说有根本的不同。这可以分以下几点来说：

（一）“地球表层”这个苏联科学词我是从浦汉昕同志那里学来的，而我在1983年《环境保护》6期的解释是地球表层复杂巨系统，不仅仅是生态系统。后来几年复杂巨系统的概念深化了，明确为开放的复杂巨系统，区别于开放的简单巨系统。这一点是非常重要的。

（二）既然有本质的区别，那研究方法也就不能一样，Prigogine，Haken的理论是适用于开放的简单巨系统的；对开放的复杂巨系统无效。这在《自然杂志》1990年1期文讲了，您注意了吗？

（三）因此什么“熵”的增减，什么“信息量”等等对地球表层的研究都用不上。这我在前年就向浦汉昕同志讲过；对又一位“生态系统”工作者王兆强同志也讲过。对地球表层的研究只能用从定性到定量综合集成法（即1990年初的“定性与定

---

* 刘宗超，北京大学教师。

量相结合综合集成法”)，现在只能如此，将来也可能会有更高明的研究方法。

(四)你们又说地球表层学是比地理科学更高一层次的基础科学，不能这么说。地理科学是一个科学技术大部门，地球表层学居于地理科学大部门之中，是地理科学的一门基础科学。

我讲以上这些话，为的是你们能同我国地理工作者一道，为建立地理科学而努力。

附上拙文一篇，请教。

此致

敬礼！

钱学森

1991.7.9

［Ｇｅｎｅｒａｌ　Ｉｎｆｏｒｍａｔｉｏｎ］
书名＝论地理科学
作者＝钱学森等著
页数＝３２５
ＳＳ号＝１２５５８８０８
出版日期＝１９９４．０９

前言

目录

中国地理学会第三次全国代表大会及１９６３年综合性学术年会开幕词＆竺可桢
中国科学院地理研究工作的方向＆竺可桢
环境管理是国家的一个重要功能＆钱学森
地球表层的系统与进化＆浦汉昕
保护环境的工程技术——环境系统工程＆钱学森
生态经济学必须关心长远的环境问题和资源永续＆钱学森
发展地理科学的建议＆钱学森
关于地球表层研究的一些看法＆黄秉维
要区别“地球科学”和地球表层学＆钱学森
和中国科协书记处书记刘恕同志的谈话＆钱学森
关于地学的发展问题＆钱学森
现代地理科学系统建设问题＆钱学森
就“地理科学”答《地理知识》记者问＆钱学森
一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论＆钱学森　　于景元　戴汝为
一代楷模　风范永存＆钱学森
要从整体上考虑并解决问题＆钱学森
社会主义建设的系统理论和系统工程＆于景元　　王寿云　汪成为
地球表层的人地系统及其调控＆佘之祥　董雅文　沈道齐
再谈开放的复杂巨系统＆钱学森
论地理学的研究核心——人地关系地域系统＆吴传钧
谈地理科学的内容及研究方法＆钱学森
关于“人地关系”的发展与认识＆王恩涌
地理系统研究的理论与实践＆张超
地球科学的复杂性与系统性＆陈述彭
我国社会主义建设的系统结构＆钱学森　涂元季
钱学森致浦汉昕同志信（１７封）
钱学森致汪康懋同志信（２封）

钱学森致江美球同志信（２封）
钱学森致高建国同志信（３封）
钱学森致黄秉维同志信（５封）
钱学森致牛文元同志信（２封）
钱学森致景才瑞同志信（２封）
钱学森致葛全胜同志信（２封）
钱学森致全石琳同志信（５封）
钱学森致《灾害学》杂志信（１封）
钱学森致刘恕同志信（６封）
钱学森致田裕钊同志信（２封）
钱学森致陈德敏同志信（２封）
钱学森致王铮同志信（２封）
钱学森致瞿宁淑同志信（２１封）
钱学森致刘宗超同志信（１封）